

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ
МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНЕ ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ

Зорана З. Ђорђевић

**ПРИНЦИПИ И ИСТОРИЈА ОДНОСА
АРХИТЕКТУРЕ И АКУСТИКЕ**

докторска дисертација

Београд, 2016

UNIVERZITET U BEOGRADU
STUDIJE PRI UNIVERZITETU
MULTIDISCIPLINARNE DOKTORSKE STUDIJE

Zorana Z. Đorđević

**PRINCIPI I ISTORIJA ODNOSA
ARHITEKTURE I AKUSTIKE**

doktorska disertacija

Beograd, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE
STUDIES AT THE UNIVERSITY
MULTIDISCIPLINARY POSTGRADUATE STUDIES

Zorana Z. Đorđević

**PRINCIPLES AND HISTORY
OF THE RELATEDNESS
OF ARCHITECTURE AND ACOUSTICS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Александар Петровић, ментор;
Филолошки факултет, Универзитет у Београду
(културна антропологија, историја природних наука)

Проф. др Драгана Шумарац Павловић, ментор;
Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
(техничка акустика, просторна акустика)

Др Предраг Марковић, научни саветник, члан;
Институт за савремену историју, Београд
(методологија научно-истраживачког рада, друштвена и културна историја)

Др Мелита Милин, научни саветник, члан;
Музиколошки институт САНУ, Београд
(историја музике у развојним токовима Европе)

Доц. др Ана Никезић, члан;
Архитектонски факултет, Универзитет у Београду
(теорија архитектонске форме)

Проф. др Весна Тодорчевић, виши научни сарадник, члан;
Математички институт САНУ, Београд; ванредни професор, Факултет
организационих наука, Универзитет у Београду
(математичка анализа и математичка теорија музике)

Датум одбране докторске дисертације:

Захвалност

Израда овог рада не би била могућа без свесрдне помоћи и подршке појединаца. Искрену захвалност осећам према Предрагу Милосављевићу, Чедомиру Петровићу и Вукашину Павловићу. За реализацију дисертације захваљујем се проф. др Александру Петровићу и проф. др Драгани Шумарац Павловић на менторском вођењу, проф. др Александру Седмаку на разумевању и свесрдној помоћи, као и осталим члановима комисије др Предрагу Марковићу, др Мелити Милин, доц. др Ани Никезић и проф. др Весни Тодорчевић. За стрпљење, одговоре на многобројна питања из акустике и стални подстрек, бескрајно сам захвална Драгану Новковићу, као и колегама који су били део нашег малог археоакустичког тима: Рељи Свилару, Мињи Митровић, Стефану Димитријевићу и Кристини Пенезић. Жан Кристоф Валијер и Бенедикт Палацо-Бертолон омогућили су ми да постанем део једног значајног тима и присуствујем археоакустичким истраживањима *in situ* у катедрали у Нојону. То је велика част и веома сам захвална на пруженој прилици. На доброј сарадњи и разумевању захваљујем се Институту за мултидисциплинарна истраживања – Универзитет у Београду. Републички завод за заштиту споменика културе Београд, као и Централни институт за конзервацију уступили су ми потребну техничку документацију. Захваљујем се колегама из ових институција: Ани Петровић, Јовани Шуњеварић и Марку Алексићу, а посебно Емилији Пејовић на исцрпном разговору и смерницама за даљи рад.

Изнад свега, много љубави и захвалности упућујем својој породици, а посебно Светлани Ђорђевић, Лари Ђорђевић, Александри Субић, Зорану Ђорђевићу и Владимиру Врховшеку. За непрестани подстрек, дискусије, сугестије и обнављање снаге најтоплије хвала члановима моје проширене породице – Јелени Видојевић и Ивану Чале.

ПРИНЦИПИ И ИСТОРИЈА ОДНОСА АРХИТЕКТУРЕ И АКУСТИКЕ

Сажетак

Истраживање звука у историји архитектуре често је неправедно занемарено у сенци визуелних аспеката градитељства. Поред тога што има суштински значај за опажање окружења и оријентацију у простору, звук је кроз историју културе схватан и као веза материјалног и духовног плана, те је заузимао посебно место у сакралној архитектури, том најузвишенијем градитељском изразу који одсликава космолошку симболику – аналогију макрокосмоса и микрокосмоса. Полазиште овог рада јесте да општи однос архитектуре и звука не почива искључиво на техничком знању, већ да је развијан и у контексту духа времена у коме је градитељство стварано. Сходно томе, његово разматрање изискује мултидисциплинарни приступ који омогућава истраживање архитектонског дела као слојевите просторно-временске структуре. Сагледавањем античке аналошке мисли дубоко уткане у европску културу и историје разумевања звука која је била од значаја за архитектуру, са једне стране, и археоакустичких истраживања, са друге стране, у раду је звук посматран двојачко: (1) као хармонијски звук који је нашао своје место у примени музичке аналогије у градитељству и (2) као импулсни одзив који служи за квантификовање показатеља звучног поља и омогућава међусобно поређење различитих простора, те се претежно користи у савременим археоакустичким истраживањима. Ова два комплементарна приступа обједињена су у студији случаја у оквиру које је истраживан однос звука и архитектуре у моравској стилској групи (крај XIV – почетак XV века). Циљ овог истраживања јесте да укаже на релевантност ширег културолошког контекста и понуди досад неистражени угао у сагледавању динамике општег односа архитектуре и акустике кроз историју, као и да покаже да градитељско наслеђе средњовековне Србије чини основ за спровођење археоакустичких истраживања, упркос ограничености постојеће теоријске и емпиријске грађе.

Кључне речи: историја архитектуре, археоакустика, звук у архитектури, музичка аналогија, моравска стилска група, аналошка мисао

Научна област: Историја и филозофија природних наука и технологије

Ужа научна област: Историја архитектуре, теорија пропорција, филозофија природе, археоакустика, заштита наслеђа

PRINCIPLES AND HISTORY OF THE RELATEDNESS OF ARCHITECTURE AND ACOUSTICS

Abstract

The research of sound in history of architecture is unjustly neglected on behalf of its visual aspects. Besides the significance for perception of environment and orientation in space, through the cultural history the sound is comprehended as a connection between material and spiritual worlds. Therefore, it had a special place in sacral architecture, the most sophisticated expression of building culture that represents the cosmological symbolism (macrocosmos–microcosmos analogy). Starting point of this research is that the general relatedness of architecture and sound does not exclusively rest on technical knowledge, but it is also developed in context of the spirit of building period. Consequently, the research requires multidisciplinary approach to architectural piece as a complex space-time structure. Due to the antique analogical thinking deeply interweaved with European culture and history of understanding the sound, relevant for the development of architecture, as well as the contemporary archeoacoustic researches, the aspect of sound in this dissertation is considered as (1) harmonic sound which has found its place in the application of musical analogy in architecture, as well as (2) impulse response which provides acoustical parameters – quantifiers that enable the comparison of various spaces' acoustics. Those two complementary approaches are combined in the case study that research the relatedness of sound and medieval Serbian architecture of moravian style (end of XIV – beginning of XV century). The overall goal of this research is to point out the relevance of wide cultural context and offer so far unexplored aspect of historical dynamics between architecture and acoustics. Moreover, it strives to show that architectural heritage of medieval Serbia is the base for archeoacoustical research despite the limitations of the existing theoretical and empirical material.

Key words: history of architecture, archaeoacoustics, sound in architecture, musical analogy, moravian building style, analogical thinking

Scientific field: History and philosophy of natural sciences and technology

Scientific subfield: History of architecture, theory of proportions, philosophy of nature, archaeoacoustics, heritage protection

САДРЖАЈ

УВОД	1
1.0 ПОЛАЗНА МЕТОДОЛОШКО-ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА	7
1.1 Формулација проблема и предмет истраживања	7
1.2 Стање истраживања	15
1.3 Циљеви истраживања	18
1.4 Полазне хипотезе	19
1.5 Методе истраживања	20
1.6 Научна оправданост	22
2.0 АНАЛОШКА МИСАО КАО ОСНОВ РАЗУМЕВАЊА ОПШТЕГ ОДНОСА	23
2.1 Античко порекло аналошког мишљења	24
2.1.1 Сакрална архитектура и аналогија макрокосмос-микрокосмос	24
2.1.2 Кратиловско становиште	40
2.2 Моравска школа аналошког мишљења	46
2.2.1 <i>Релативност</i> као суштина природно-филозофских разматрања Лазе Костића	46
2.2.2 <i>Феноменолошко пресликавање</i> Михаила Петровића	56
2.2.3 <i>Реципрочно залапчавање</i> у теоријским разматрањима Милана Злоковића	65
3.0 ИСТОРИЈА РАЗМАТРАЊА ОДЛИКА ЗВУКА И ЊЕГОВЕ ПОВЕЗАНОСТИ СА АРХИТЕКТУРОМ	76
3.1 Математичка основа питагорејско-платонистичке филозофије природе	77
3.1.1 Разматрања звука код предсократовских филозофа.....	77
3.1.2 Питагорејско заснивање науке о звуку.....	80
3.1.3 Музичко-математичко устројство Платоновог космоса .	91
3.1.4 Идеје о звуку након Платона	96
3.2 Тихо доба средњег века.....	101
3.3 Цинови на раменима цинова (1492–1789)	107

3.4 Музичка аналогија као начело пројектовања	130
3.5 Квантификовање акустичких квалитета у архитектури	143
4.0 АРХЕОАКУСТИЧКА ИСТРАЖИВАЊА	162
4.1 Археоакустика праисторијских простора	168
4.1.1 Одабир места и садржај пећинске уметности	168
4.1.2 Мегалитске структуре	175
4.2 Архитектонско-акустичка начела пројектовања античких позоришта	183
4.2.1 Препоруке Марка Полија Витрувија	183
4.2.2 Археоакустичка истраживања античких позоришта	191
▪ Однос геометрије позоришта и одлика звука	194
▪ Акустички судови	202
▪ <i>Teatrum tectum</i>	205
▪ Глумачке маске	206
4.3 Хришћанска сакрална архитектура средњег века	208
4.3.1 Рађање литургијске драме	208
4.3.2 Однос богослужења, архитектуре и акустике црквених простора	210
4.3.3 Традиција акустичких судова	226
5.0 СТУДИЈА СЛУЧАЈА: ЗВУК У АРХИТЕКТУРИ МОРАВСКЕ ШКОЛЕ	233
5.1 Историјски оквир	236
5.2 Градитељско-акустичка традиција у сакралној архитектури средњовековне Србије	238
5.2.1 Архитектура манастирских цркава	241
▪ Одабир доброг места	241
▪ Опште архитектонске одлике споменика моравске школе	250
▪ Геометријска начела пропорционисања цркава	255
5.2.2 Литургијско-акустички захтеви у црквеном простору ..	260
5.2.3 Традиција акустичких судова	267
▪ Археолошки налази	268
▪ Акустичка истраживања	284

5.3 Аналошко језгро	287
5.3.1 Црква Светог Вазнесења Христовог, манастир Раваница	288
5.3.2 Црква Лазарица у Крушевцу.....	295
5.3.3 Црква Рођења Пресвете Богородице, манастир Наупара	300
5.3.4 Црква Успења Пресвете Богородице, манастит Љубостиња	306
5.3.5 Црква Свете Тројице, манастир Ресава.....	311
5.3.6 Црква Светог Николе Мираклијског, манастир Павловац	319
5.4 Акустичка мерења <i>in situ</i>	323
5.4.1 Методологија	323
5.4.2 Резултати и дискусија	325
5.5 Закључне напомене	333
ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА	336
ЛИТЕРАТУРА	342

*„Архитектура је велика књига човечанства, главни израз
човека у његовим разним ступњевима развитка.“*
Виктор Иго (Petrović 1974, 77)

*„Ми смо све ствари лишили њихове тајновитости и
узвишености; више ништа није свето.“*
Карл Густав Јунг (Jung et al. 1987, 94)

*„Пронаћи без тражења безуспешно је и ретко, а с
тражењем успешно и лако; за онога дакако који не
разуме, тражење је немогуће.“*
Архита (Diels 1983a, 382)

УВОД

Историчари и теоретичари архитектуре превасходно су окренути истраживању визуелних аспеката градитељства, док је звук често у другом плану или у потпуности занемарен. Међутим, чињеница је да фина осетљивост и сложеност слушног механизма код човека није ни у ком случају инфериорна у односу на око. Најмања енергија у јединици времена, коју човек региструје чулом слуха, реда је 10^{-7} W, исто колико је потребно и оку да запази светлост. Распон фреквенција који ухо прима је чак 1:1000, док је код ока свега 1:2, а однос најслабијег и најјачег звука који се може чути је преко 120 dB, а за око је 90 dB. Дакле, људско ухо је моћан пријемник информација, који има способност да прими и анализира велики број одлика звука (Kurtović 1990, 128).

Звук узрокује вибрацију читавог људског тела, те је од суштинске важности за опажање окружења и оријентацију у простору. Када човек производи глас, његово тело вибрира по вертикали, дуж кичменог стуба, и то виши тонови осцилују у горњим деловима – грлу и задњем делу главе, а нижи тонови у доњим деловима - грудима и леђима. На основу тог опажања звука у телу високе тонове називамо *високим* (гоњим), а ниске још и *дубоким*. Кретање звука у људском телу такође је у директној вези са вибрацијама различитих вокала и консонаната. Примера ради, изговарајући вибраторну формулу АОУМ вибрација се у људском телу подиже од груди (А), преко грла (О) и доњег дела лица (У), све до највишег дела главе (М) (Reznikoff 2005). На основу овог кретања вибрација у самом телу, разазнавање окружења почиње још са првим звуцима у пренаталном периоду, када се у свести јавља простор, а са њим и перцепција кретања – пењање, спуштање, прелажење, појављивање или нестајање. Дакле, однос звука и простора има суштински значај за човеково разумевање света.

У историји културе звук је представљао, између осталог, и везу са оностраним. Још од праисторијског периода човек је настојао да осмисли средства којима ће овладати сопственом природом, а пре свега несвесним

делом своје психе. Он посеже за ритуалума, симболима и речима (Mumford 1986), при чему је звук, доприносећи концентрацији и продирању у дубље стање свести, имао суштинску улогу посебно у ритуалима, као и покушају успостављања везе са *Невидљивим, Другом димензијом* или *Светом духова* (Reznikoff 2005), те су му придавана разнолика значења. За древне народе, као и за људе средњег века, физички простор приказан у својој укупности, одувек је представљао објективизацију *духовног простора* (Burckhardt 2007, 56). Тако још Платон у *Тимају* наглашава звук као везу материјалног света и душе. Комбинујући грчку филозофију и средњеисточне изворе у енциклопедијском делу из X века *Rasa'il Ikhwan...* Братства Чистоће, поред аналогije макрокосмос-микрокосмос говори се и да је око углавном ограничено на материјалне предмете, док ухо опажа искључиво духовне феномене, те да музика подсећа људска бића на њихово племенито порекло и изазива чежњу за њим (Nokso-Koivisto 2011, 256-7).

Полазиште овог рада јесте да општи однос архитектуре и одлика звука не почива искључиво на техничком знању, већ да је развијан и у контексту духа времена у коме је градитељство стварано (Општа хипотеза). Сходно томе, његово сагледавање изискује примену методолошких апарата различитих научних дисциплина. Прелиминарна истраживања указала су на два могућа полазишта у испитивању овог односа. С једне стране, реч је о музичкој аналогiji у којој се преплићу и прожимају музичко-хармонијски и пропорцијско-градитељски принципи. За разумевање овог становишта потребно је сагледати античка разматрања света који се испољава путем аналогija. Дубоко уткана у европску културну баштину, аналошка мисао омогућила је питагорејска истраживања хармоничног звука и спознају могућности изражавања музичких интервала као односа целих бројева, који су затим транспоновани у размере архитектонских објеката. Све до XVII века историја акустике поистовећивана је са историјом музике (Valière & Palazzo-Bertholon 2014). Са друге стране, савремени приступ разматрању односа архитектуре и акустике, заснива се на коришћењу звука као импулсног одзива на основу кога се даље ишчитавају акустички показатељи историјских

простора који се затим могу вредновати и међусобно поредити. Ова два приступа, иако различита, нису супротстављена, већ комплементарна.

С обзиром да је у жижи истраживања европско градитељско наслеђе, у првом делу рада пажња је посвећена аналошкој мисли антике као историјској основи разумевања општег односа архитектуре и акустике. Идеја аналогije макрокосмоса и микрокосмоса дуги низ векова настоји да повеже Бога, човека, архитектуру и звук, сагледавајући целокупну стварност као јединствену целину, чији се делови или односи у оквиру једног већег ентитета такође могу пронаћи сажети у мањим јединицама тог истог ентитета, као и *vice versa*. Аналогija је могућа само у свету у коме је све повезано са свим у симболичном живом организму, који је истовремено већи и мањи од њега самог. Реч је о пресликавањима између различитих видова и размера стварности, те тако аналошка мисао оправдава разматрање општег односа. Према питагорејцима, хармонија, односно начело уређености космоса, као и сазнања која нису део нашег искуства, могу се спознати кроз аналогije. Платон је био први мислилац који је опсежно развио аналогiju као филозофски концепт (или су његова дела највише сачувана). Античка аналошка мисао баштињена је у потоњим вековима како у западној Европи тако и на Балканском полуострву. Као нераздвојни део српске културе изражена је у стваралаштву мислилаца из различитих научних и уметничких области, који су се при томе недвосмислено позивали на античке узоре. Она се добро теоријски одражава и у модерним концептима *премости*, односно *релативности* Лазе Костића, у основама *феноменолошког пресликавања* Михаила Петровића Аласа и у *реципрочном залапчавању* Милана Злоковића (Прва посебна хипотеза).

У другом делу рада хронолошки је представљена историја разматрања и разумевања звука која је била од значаја за архитектуру. На тај начин, уочена је повезаност филозофског и научног мишљења о стварању и опажању звука и архитектонске теорије и праксе (Друга посебна хипотеза). Пошавши од античких истраживања музичке теорије и математичке основе питагорејско-платонистичке филозофије природе, као темеља будућих разматрања током

периода раног хришћанства, средњег па добрим делом и новог века, звук је најпре посматран као хармоничан звук. Када је са ренесансом дошло до потпунијег истраживања и разумевања античког наслеђа, остварен је и извештан вид синтезе архитектонско-акустичког пројектовања. Аналошка мисао омогућила је спознају да се музика може разрешити у математичким релацијама, односно да се међузависност дужине жице и висине тона може изразити бројевним односом. Теорија музичке аналогije даље је повезала музичку хармонију и мерења архитектонских објеката. Још је Витрувије писао о *квадратима и троугловима кварте и квинте* (Vitruvije 2000, 17-8). Заснована на питагорејско-платонистичкој теорији бројева, музичка аналогija подразумева транспоноване целобројних односа музичких интервала на геометријске пропорције архитектонских објеката.

Прекретницу у разумевању односа звука и архитектуре представља рад Воласа Сабина крајем XIX и почетком XX века, када је први пут формулисана математичка повезаност субјективног доживљаја звука у простору и физичких одлика самог простора. Квантификовање акустичких показатеља омогућило је вредновање и поређење акустичких својстава различитих простора, те је започео развој архитектонске акустике као посебне научне дисциплине. Техничко-технолошки развој омогућио је да се релативно једноставно, без гломазне опреме и инструмената, испитују акустичка својства простора. То је, између осталог, утицало да се у последњих неколико деценија пажња истраживача просторне акустике прошири са савремених објеката спектакла и на историјске локалитете, односно средњовековне храмове, античка позоришта, праисторијске мегалите, и сл. Тако је формирана мултидисциплинарна област археоакустике тј. археологије звука, која се бави истраживањем звука у архитектонском наслеђу. Њен главни циљ јесте да реконструише делове звучне слике прошлости и *озвучи* доскора потпуно неме археолошке артефакте.¹ У овим истраживањима звук је доминантно посматран као импулсни одзив. У трећем делу рада представљен је преглед

¹ Тек 1860. године, са изумом фонаутографа, француски научник Едуард Леон Скот де Мартинвил (Edouard-Leon Scott de Martinville 1817 –1879) успео је, први пут у историји човечанства, да забележи звук.

археоакустичких истраживања објеката у Европи, насталих од периода праисторије до новог века.² На овај начин испитивано је да ли постоји континуитет у градњи објеката у којима је звук имао изузетан значај, као и да ли су ти објекти све до новог века били повезани са сакралном наменом простора (Трећа посебна хипотеза).

Култура у целини указује на чињеницу да је људски дух одувек тежио поистовећивању трагања за истином са трагањем за непроменљивим или коначним, било да се оно назива Идејама, Формама, Архетиповима, Бројевима или самим Богом (Lawlor 1982, 11). Као најузвишенији градитељски израз, сакрална архитектура одувек је представљала пребивалиште вечне истине усред променљивог света јер је своје конструкције увек заснивала на непроменљивим геометријским пропорцијама (Чанак 2009). Свети Бернард је писао: „*Шта је Бог? Он је дужина, ширина, висина и дубина* (Lawlor 1982, 7).“ С обзиром да однос архитектуре и акустике представља садејство пропорцијских закона простора и темпоралних закона звука, од суштинског је значаја концепт броја. Заједнички садржатељ, који реинтегрише науку о звуку, музику и архитектуру, јесте управо наука о хармонији, преко које се успоставља однос између духовних и материјалних процеса (Чанак 2009). Још од античких времена архитектура и музика сматране су да подражавају божански поредак и тако учествују у хармонији универзума (Lawlor 1982, 28). Аналошка мисао одразила се нарочито у архитектури храмова, као духовној вези неба и земље која најбогатије одсликава космолошку симболику, односно аналогију макрокосмоса и микрокосмоса. „*Код тих зграда [храмова богова] и врлине и мане обично остају вечне* (Vitruvije 2000 III/62).“ Светилишта су од праисторије представљала отелотворење божанског, космичког поретка и основног начела целокупног постојања, успостављајући везу материјалног и духовног плана. Веровање да је геометрија својствена природи, а не део оквира који користимо да бисмо природу описали, своје порекло води из мисли античке Грчке, која је геометријске облике сматрала

² Акустика аудиторијума је посебна тема која овим истраживањем није обухваћена.

чистом манифестацијом апсолутне лепоте (Карга 1989, 190) и основом за проницање у апстрактне и вечне истине. Геометријске форме изражавале су основне филозофске идеје о животу и устројству космоса, а архитектура храма, са акустиком свог унутрашњег и спољашњег простора у целини, пресликавала је космос – кроз мирноћу архитектонског простора и кретање акустичког времена.

Сходно томе, у четвртом делу рада представљена је студија случаја шест архитектонских споменика моравске стилске групе са намером да се попуни празнина на археоакустичкој мапи Европе. Анализе пропорција указале су на могућност познавања и примене музичке аналогije у размеравању моравских цркава средњовековне Србије (Четврта посебна хипотеза). Такође је показано да је и у средњовековној Србији преношена традиција уграђивања акустичких керамичких судова, која је била распрострањена широм Европе. Упркос непотпуном разумевању градитељске логике постављања (броја, позиције и распореда) ових судова у масивне зидове цркава, као и нејасноћама везаним за њихову сврсисходност, у раду је показано да се њихова доследна употреба у сакралној архитектури може сматрати одређеном акустичком традицијом.

Примарни циљ овог истраживања јесте да укаже на релевантност ширег културолошког контекста и понуди досад неистражени угао у сагледавању динамике општег односа архитектуре у акустике кроз историју, као упоредног процеса одуховљавања материје и материјализације духа. Мултидисциплинарни приступ омогућава истраживање архитектонског дела као слојевите просторно-временске структуре, чије акустичко поље представља једну од манифестација саме архитектуре. Секундарни циљ истраживања јесте да покаже да градитељско наслеђе средњовековне Србије чини основ за спровођење археоакустичких истраживања упркос ограничениости постојеће теоријске и емпиријске грађе. Пратећи разматрања звука у архитектури кроз историјске периоде и трансформације европске културе, у раду се сагледава мисаона блискост античких узора и идеја утканих у српско средњовековно монументално градитељство.

1.0 ПОЛАЗНА МЕТОДОЛОШКО-ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА

1.1 Формулација проблема и предмет истраживања

Суптилна природа звука има суштински значај за људско биће из три основна разлога: (1) на чулном нивоу звук узрокује вибрацију читавог људског тела, те самим тим (2) делује на свест и (3) утиче на опажање окружења и оријентацију у простору. Слушни механизам код човека веома је сложен и његову фину осетљивост нипошто није оправдано запостављати у истраживањима архитектонског наслеђа у односу на око тј. визуелне аспекте. Ову тврдњу могу поткрепити следеће научне чињенице: најмања енергија у јединици времена коју човек региструје чулом слуха реда је 10^{-7} W, исто колико је потребно и оку да запази светлост; затим однос најниже (20 Hz) и највише (20 kHz) фреквенције које ухо прима, под условом да су довољног интензитета, износи чак 1:1000, док је код ока овај однос свега 1:2 (380 nm : 750 nm); и коначно, однос најслабијег и најјачег звука који човек може поднети је преко 120 dB, а за јачину светлости и око овај однос износи 90 dB. Дакле, људско ухо је моћан пријемник информација, који има способност да прими и анализира велики број одлика звука (Kurtović 1990, 128).

Када човек производи глас, његово тело вибрира. При томе виши тонови осцилују у горњим деловима тела – у грлу и задњем делу главе, а нижи тонови у доњим деловима – у грудима и леђима. Прислонивши ухо уз горњи део леђа особе која говори, може се осетити кретање звука дуж кичменог стуба. На основу овог опажања звука у телу високи тонови названи су *високим* (гоњим), а ниски још и *дубоким*. Поред тога што кретање звука у људском телу зависи од висине произведеног тона, оно је у директној вези и са вибрацијама различитих вокала и консонаната. Примера ради, када се стави длан једне руке на груди а друге на теме главе и изговара се или наизменично пева на истој висини глас А и М, јасно се осећа да вибрација иде од груди ка глави и

обрнуто. Певајући вибраторну формулу АОУМ осцилације се подижу од груди (А), преко грла (О) и доњег дела лица (У), све до највишег дела главе (М). С обзиром да је на физичком нивоу људско тело свесно овог кретања звука (Reznikoff 2005), није зачуђујуће да спознаја окружења почиње још са првим звуцима у пренаталном периоду. Тада се у свести јавља простор, а са њим и перцепција кретања–пењање, спуштање, прелажење, појављивање, нестајање, и сл. Од последњег тромесечја трудноће фетус својим развијеним аудиторним системом може да чује³, али и да препозна музику из спољашње средине. Из тог разлога, ниво звука сматра се примитивнијим у нашој свести од нивоа говора (Reznikoff 2005).

Још од праисторијског периода човек је настојао да осмисли средства којима би завладао сопственом природом, а пре свега несвесним делом своје психе. Кроз ритуале, симболе и речи, звук је доприносио концентрацији и продирању у дубље стање свести (Mumford 1986). Сматрало се, између осталог, да звук има суштинску улогу у успостављању везе са *Невидљивим, Другом димензијом* или *Светом духова* (Reznikoff 2005). Са питагорејским учењем (V век пре н. е.) наступила је математизација целокупног космоса, која је обухватила и појавну стварност, музику, па и људску душу. Платон је такође сматрао да је најпрецизнији и најпотпунији управо математички израз научне мисли. Развио је аналогију као филозофски концепт (Nokso-Koivisto 2014, 18), а звук је наглашавао као везу материјалног света и душе. Хармонија, „*која у себи садржи покрете сродне кружним кретањима наше душе*“, заснива се на истим бројевним односима и на тај начин кретање душе „*доводи у стање уређености и сагласности са самим собом*“ (Platon 1981, Тимај 47d). У дијалогу *Тимај* Платон је изнео идеју да се и збивања у космосу могу само делимично схватити, и то управо кроз аналогију макро и микро света, јер је читав свет јединствен живи организам (Platon 1981, Тимај 17-27). Симболизам броја у

³ Писани извори говоре о томе да је још у античко доба била позната пренатална перцепција звука.

„Када Јелисавета чу Маријин поздрав, заигра дете у њеној утроби...“ (Јеванђеље по Луки, 1-41)

питагорејско-платонистичкој традицији био је нераздвојан од симболизма геометријске слике у коју је уграђен.

Свети Августин је у IV веку дефинисао музику као *уметност доброг кретања* - *Musica est ars bene movendi* - које води стазом исправности и усмерава душе верника ка Свевишњем. Резников сматра да ова формулација указује на кретање звука у људском телу, али и на истоветност кретања душе и звука. Тако, *добро кретање* звука у људском телу представља заправо кретање свести, односно душе, која тежи навише, ка небу, ка вечном божанском светлу. То кретање душе јесте кључни концепт антике који се односи на сталне промене наше свести, односно осећања везаних за различита душевна стања (Reznikoff 2005). Људско тело сматрано је храмом душе, а такође је указивано и на аналогије људског тела и сакралног простора храма.

Братство Чистоће – *Ikhwan as-Safa'*, које је било активно током X века у Басри, отавило је за собом енциклопедијско дело *Rasa'il Ikhwan as-Safa wa Khillan al-Wafa* у којем су комбиновани грчка филозофија и средњеисточни, претежно исламски, извори. Централна тема овог дела је аналогија макрокосмос-микрокосмос у космолошком, епистемолошком и антрополошком погледу. У делу се уздиже статус чула слуха и указује на супериорност музике у поређењу са визуелним уметностима: око је углавном ограничено на материјалне предмете, док ухо опажа искључиво духовне феномене. Другим речима, музика подсећа људска бића на њихово племенито порекло и изазива чежњу за њим (Nokso-Koivisto 2011, 256-7).

Дакле, као и за древне народе, у антици, и наредним периодима који су баштинили њен дух, физички простор приказан у својој укупности представљао је објективизацију *духовног простора* (Burckhardt 2007, 56). Сва стваралачка испољавања културе била су обухваћена аналогијом макрокосмоса и микрокосмоса. Храмови су представљали отелотворење божанског, космичког поретка и основног принципа целокупног постојања, успостављајући везу материјалног и духовног плана. Сакрална архитектура представљала је непосредан начин да се манифестује божански принцип и

појасни свет, она је помагала „духу да се одјели од узнемиравајућег мноштва ствари како би се могао успети ка Бесконачном Јединству“ (Burckhardt 2007, 12). Као најузвишенији градитељски израз, сакрална архитектура одувек је представљала пребивалиште вечне истине услед своје конструкције засноване искључиво на непроменљивим геометријским пропорцијама. Историја научне мисли указује на то да је људски дух одувек тежио изједначавању трагања за истином са трагањем за непроменљивим или коначним, било да се оно назива Идејама, Формама, Архетиповима, Бројевима или самим Богом (Lawlor 1982, 11). С обзиром да однос архитектуре и акустике представља садејство пропорцијских закона простора и темпоралних закона звука, од суштинског је значаја концепт броја. Заједнички садржатељ, који повезује и реинтегрише науку о звуку, музику и архитектуру, јесте наука о хармонији, преко које се успоставља однос између духовних и материјалних процеса (Чанак 2009). Управо су архитектура и музика још од античких времена изнова суделовале у стварању хармоније универзума подражавајући тако божански поредак (Lawlor 1982, 28). Ову космолошку симболику најбогатије осликава сакрална архитектура, као духовна веза неба и земље.

Историја науке је интегрални део разумевања културе. Она је критичка дисциплина, самосвест науке, која служи да се боље разуме њен развој, односно поједини запостављени правци развоја. Све до XVII века историја акустике поистовећивана је са историјом музике (Valière & Palazzo-Bertholon 2014). Од питагорејске школе наука о звуку представљала је спону различитих научних дисциплина. За њено разумевање од кључног значаја је математичка основа питагорејско-платонистичке филозофије природе. У контексту архитектуре, античко разумевање хармоничног звука отелотворено је кроз теорију музичке аналогije, која подразумева пресликавање односа музичких интервала на пропорције архитектонске композиције, како би се успоставила свепрожимајућа космичка хармонија. Римски архитект Марко Полио Витрувије (Marcus Vitruvius Pollio, I век пре н. е.) писао је о „*квадратима и троугловима кварте и квинте*“ (Vitruvije 2000, 17-8). За период средњег века нема писаних извора о овој теми, јер су строго чуване тајне зидарских еснафа,

те о евентуалној примени меревања објеката по музичкој аналогји сазнајемо само посредно, кроз пропорцијске анализе очуваног архитектонског наслеђа. Ренесансни теоретичари архитектуре, пак, писали су и испитивали могућности примене теорије музичке аналогје у пракси.

Тек са развојем акустике крајем XIX и почетком XX века и са радом Воласа Клемента Сабина (Wallace Clement Sabine, 1868–1919) дошло је до дефинисања акустичких показатеља који квантификују одлике звучног поља унутрашњег простора. Убрзани техничко-технолошки развој омогућио је релативно једноставно спровођење *in situ* акустичких мерења, које не захтева гламазну опрему и инструменте. Такође, поједностављена је и израда тродимензионалних рачунарских модела, који се даље могу акустички испитивати у специјализованим софтверима. Захваљујући свему томе, родило се интересовање за истраживање акустике историјских простора, посебно оних у којима је звук био суштински важан за саму намену објекта. Та нова област истраживања, названа археоакустика или археологија звука, заснована је на мултидисциплинарном приступу и бави се истраживањем и реконструкцијом звучне слике прошлости у архитектонском наслеђу. Акустичка мерења и рачунарске симулације омогућавају анализе импулсног одзива, својеврсног акустичког отиска простора, те детаљно истраживање звучних својстава простора и њихових међузависности са архитектонским елементима, како за објекте који су данас у рушевинама али о којима се располаже са довољно података за верну реконструкцију, тако и за целовита здања у којима је важно утврдити на који начин се звучна слика мењала са одређеним архитектонским променама. Поред тога, археоакустичка истраживања могу се заснивати и на анализама писаних извора. Најстарије сачуване акустичко-геометријске препоруке написао је Витрувије, а везане су за пројектовање позоришта. Он је такође упутио и на коришћење металних или керамичких судова, наштимованих према одређеним лествицама у зависности од позиције за коју су предвиђени. И у каснијим градитељским периодима пронађени су судови који делимично одговарају Витрувијевим препорукама. У масивним зидовима средњовековне сакралне архитектуре

широм Европе могу се наћи узидани керамички судови. У Србији су такође коришћени, како у средњем тако и у новом веку. Међутим, њихова намена и логика постављања до данас је недовољно разјашњена.

Истражујући однос архитектуре и звука, било звучан било безвучан, испитује се граница одуховљавања материје и материјализације духа. С обзиром да је овај однос важан за разумевање историје културе и развоја мишљења, нужно је третирати акустичке налазе као сваки историјски документ (Elijade 1991, 12). Музика отвара врата духовне сфере, а градитељски записи омогућавају читавање ове везе светова, тог тананог споја неба и земље. Ово истраживање реконструисаће мисао историјских епоха о звуку у архитектури, хронолошки пратећи трансформације европске културе и преломне тачке у разумевању и решавању проблема везаних за простирање звука у унутрашњим просторима. Истраживањем мисаоне блискости и преплитања идеја у вези са питањем звука у архитектури, промишља се историјски домет насталих мисаоних творевина и њихова повезаност са духом времена у коме су настали. Студија ће се посебно бавити просторима европског градитељског наслеђа у којима су звучна својства била од значаја, и то од праисторије до почетка новог века. Такође, истраживање ће обухватити и студију случаја која ће се тицати односа акустике и архитектуре цркава моравске стилске групе – последњег периода монументалног градитељства српске средњовековне државе, које обухвата време владавине кнеза Лазара Хребељановића и његовог сина деспота Стефана Лазаревића, односно период од Маричке битке 1371. године до коначног пада Србије под турску власт 1459. године. У оквиру студије случаја биће анализирано шест цркава – три основа сажетог, а три развијеног уписаног крста:

- (1) Црква манастира Раванице код Ђуприје (1375–1377), посвећена Вазнесењу Господњем, задужбина кнеза Лазара Хребељановића;
- (2) Црква Лазарица у Крушевцу (1377–1378), посвећена Светом Стефану, задужбина кнеза Лазара Хребељановића;

- (3) Црква манастира Наупаре код Крушевца (1382), посвећена Богородици, задужбина монаха Доротеја и његовог сина јеромонаха Данила;
- (4) Црква манастира Љубостиње код Трстеника (1387), посвећена Успењу пресвете Богородице, задужбина кнегиње Милице Хребељановић;
- (5) Црква манастира Ресаве код Деспотовца (1407–1418), посвећена Светој Тројици, задужбина деспота Стефана Лазаревића;
- (6) Црква манастира Павловца у селу Кораћица на Космају (1410–1425), посвећена Светом Николи Мираклијском, задужбина деспота Стефана Лазаревића.

Основни циљ студије случаја јесте да се понуди нови угао у разумевању сакралне архитектуре и њеног односа са звуком, кроз разматрање тока филозофско-градитељске мисли у средњовековној Србији. С обзиром да не постоје записи о ондашњим градитељским намерама, нити о третману звука у сакралним грађевинама у средњовековној Србији, важно је најпре утемељити ово археоакустичко истраживање у ширем контексту европског градитељства и развоја научно-филозофске мисли. При томе су доминантна два аспекта истраживања односа звука и простора: (1) иако безвучни, овај однос изражен је у примени музичке аналогije у пропорционисању архитектонске композиције, а заснива се на античкој аналошкој мисли која је баштињена и у потоњим градитељским периодима, и (2) кроз анализу акустичких параметара добијених снимањем импулсног одзива *in situ*. Баштињење античке аналошке мисли на простору средњовековне Србије прожимало је све видове изражавања културе, те се одражавало и у сакралној градитељској пракси. Њени одједи изнова су озвучени у радовима научника и стваралаца XX века – у концепту *релативности* песника и филозофа Лазе Костића, у основама *феноменолошког пресликавања* математичара Михаила Петровића Аласа и у *реципрочном заланчавању* архитекте Милана Злоковића – што доказује дубоку укореењеност и неопходност њеног разматрања за разумевање акустичких намера у средњовековном градитељству Србије. Другим речима, основно

полазиште истраживања односа архитектуре и акустике јесте наслеђе античке филозофске мисли које се одразило на принципе архитектонског пројектовања. С обзиром да је подједнако важно истраживати и становиште геометријске идеје, а не само градитељског стила, за сваки од наведених објеката потребно је урадити пропорцијску анализу, како би се показало који су системи пропорционисања коришћени и да ли је и у којој мери примењена музичка аналогија. Са друге стране, потребно је спровести и *in situ* мерење импулсног одзива, како би се на основу добијених нумеричких вредности за акустичке параметре омогућило даље поређење. Значај овог истраживања јесте да попуни делове археоакустичког мозаика који се тичу српског архитектонско-акустичког наслеђа моравске стилске групе, као нераздвојног дела архитектонског корпуса средњовековне Европе.

1.2 Стање истраживања

Све до краја XX века историја односа архитектуре и акустике била је разматрана претежно из угла појединих дисциплина, посебно са становишта историје архитектуре, историје акустике и архитектонске акустике. Истраживачи архитектонског наслеђа остајали су само на помену несвакидашњих звучних ефеката у одређеном простору или на претпоставци да су поједини ентеријерски елементи (тешким декоративним тканинама, узиданим керамичким судовима, и сл.) имали извесну акустичку намену (Несторовић 1952; Дероко 1962; Поповић 1986). У историји архитектуре такође се налазе и разматрања теорија пропорција, које представљају пресечну област прожимања звука и архитектуре (Scholfield 1958; Wittkower 1971; Petrović 1972; Petrović 1974; Zloković 1954). Историја акустике до XVII века поистовећивана је са историјом музике, те литература везана за музичку теорију у мањој или већој мери обухвата и разматрања прапочетака архитектонске акустике (Gostuški 1968; Hunt 1992). Истраживања из области архитектонске акустике претежно су усмерена на естетику звучне слике у појединим просторима, посебно у објектима спектакла и храмовима, док су историјски локалитети значајно мање заступљени. Ипак, уобичајено је да литература из ове области садржи кратак историјски преглед у оквиру уводног поглавља у коме се дотиче најпознатијих примера градитељског наслеђа и акустичких одлика ових простора (Beranek 1962; Long 2006).

Са убрзаним техничко-технолошким развојем почетком XXI века технологија снимања и обраде звука постала је лакше доступна и једноставнија за коришћење. Тада су истраживачи постепено почели да се окрећу и истраживању звучног поља историјских простора, те је формирана и област археоакустике или археологије звука која се непосредно бави односом архитектуре и акустике кроз историју градитељства. Са археоакустичким истраживањима постало је јасно да је историја односа архитектуре и акустике сложена тема која захтева мултидисциплинарни приступ, из области историје архитектуре, археологије, акустике, музикологије, студија културе,

лингвистике, итд. У досадашњим истраживањима искристалисала су се два главна приступа – вокална истраживања и субјективна процена доживљаја звука у простору по угледу на оновремене могућности градитеља и слушалаца (Reznikoff & Dauvois 1988; Reznikoff 2005; Waller 2002; Gruzelier 2009) и, са друге стране, истраживање односа звука и простора путем импулсног одзива, што подразумева коришћење савремених техничких средстава – инструмената за мерења *in situ* или акустичке симулације у рачунарским моделима. Посебно су значајна истраживања која користе оба наведена приступа (Howard & Moretti 2009), као и зборници научних конференција у којима је представљен пресек тренутних стремљења у области (Eneix 2014; Eneix 2016; Scarre & Lawson 2006).

Основна истраживачка питања археоакустичких студија односе се на позиционирање и садржај праисторијске пећинске уметности, психоакустичке ефекте у мегалитској архитектури, разумевање акустичко-градитељских препорука античког архитекте Марка Полија Витрувија као узорног извора за градитељство средњовековне и ренесансе Европе, испитивање технологије акустичких судова, и коначно на акустичке одлике сакралне архитектуре уопште. У последњих тридесет година рађена су бројна истраживања акустике сакралних простора средњег века. Акустици је нарочито придаван значај након Другог ватиканског сабора (1962–1965) на коме је установљена важност проповедничког дела католичког богослужења. Тако су истраживане цркве у Швајцарској (Desarnaulds & Carvalho 2002; Carvalho et al. 2002), Италији (Alvarez-Morales & Martellotta 2015; Martellotta et al. 2008; Elicio & Martellotta 2015; Cirillo & Martellotta 2007) и Шпанији (Zamarreño et al. 2008). Акустиком православних цркава у Србији бавили су се професори Миомир Мијић и Драгана Шумарац Павловић (Мијић 2000; Мијић & Šumarac-Pavlović 2004).

Посебну тему средњовековног акустичко-градитељског наслеђа чине акустички судови. Најопсежнији преглед археоакустичких истраживања и попис до сада пронађених судова у Европи дали су Жан Кристоф Валијер и

Бенедикт Палацо-Бертолон (Palazzo-Bertholon & Valière 2012). Истраживачи српског градитељског наслеђа, још са почетка XX века, писали су о узиданим керамичким судовима (Јовановић 1909; Петковић 1909; Дероко 1930). Први и једини попис до сада објавио је Слободан Ненадовић (Nenadović 1960; Ненадовић 2003). Два суда су испитана и у акустичкој лабораторији (Мијић & Šumagac-Pavlović 2004). Међутим, однос звука и архитектуре у нашем средњовековном градитељству није до сада разматран са ширег културно-историјског становишта, а археоакустичка истраживања су веома слабо заступљена. У томе управо лежи допринос овог рада, који треба да попуни једно празно поље на археоакустичкој мапи Европе.

Поред тога, уочено је да су досадашња археоакустичка истраживања у већој или мањој мери покрила сваку од градитељских епоха. Сада их је важно сагледавати као целину, те када се говори о звуку у ренесансним објектима истовремено постоји свест и о звуку у античким позориштима и одеонима, или када се разматра звук средњовековних храмова остаје мисаона повезаност са звучним пољем ранохришћанских базилика из којих су потекли. Превасходно усмерена на спознавање акустичких одлика одређеног простора и разматрање могућих акустичких знања оновремених пројектаната и градитеља, археоакустичка истраживања ретко налазе упориште у филозофским разматрањима из којих је поникло градитељство једне епохе, односно не позиционирају своја полазишта у ширем културном контексту. То је важан недостатак археоакустичких студија, јер су, на пример, градитељски принципи средњег века строго чувани као тајне заната, те нам је могуће да о њима закључујемо само посредно, пратећи филозофске поставке из којих су се развили. Без обзира да ли је у било ком од градитељских периода прошлости постојало оно што бисмо данас назвали акустичким пројектовањем, важно је разматрати динамику односа архитектуре и акустике јер омогућава разумевање историје културе, а кроз озвучавање историјских простора, у извесној мери, и на оживљавање доживљаја архитектуре.

1.3 Циљеви истраживања

Општи научни циљ истраживања јесте разматрање историје и динамике односа европског градитељског наслеђа и звука који се у њему производи.

Посебни научни циљеви истраживања:

- 1) *Идентификација и објашњење* културног контекста у коме се развијало аналошко мишљење и његово баштињење на подручју Балкана, као основ за разумевање акустичко-архитектонских принципа;
- 2) *Приказ и анализа* акустичких идеја које су утицале на разумевање одлика звука у простору, па тако и на разумевање односа архитектуре и њених акустичких својстава кроз историју;
- 3) *Утврђивање и поређење* акустичко-архитектонске својстава одабраних примера сакралне архитектуре моравске школе, те позиционирање средњовековног градитељског наслеђа Србије на мапи европских археоакустичких истраживања;

Друштвени циљ истраживања јесте да се укаже на значај односа градитељског наслеђа и њему својствених акустичких одлика у оквирима европске и националне културне баштине, као и на важност археоакустичких истраживања за разумевање историје културе.

1.4 Полазне хипотезе

Општа хипотеза

Општи однос архитектуре и одлика звука не почива само на техничком знању, већ је развијан и у контексту духа времена у коме је градитељство стварано.

Прва посебна хипотеза

Аналошка мисао антике део је европске и српске културне баштине, те представља основ за разумевање општег односа архитектуре и акустике.

Друга посебна хипотеза

Историјски токови филозофског и научног мишљења о стварању и опажању звука битно су утицали на архитектонску теорију и праксу.

Трећа посебна хипотеза

Археоакустичка истраживања доприносе продубљенијем тумачењу културног наслеђа. У европској историји културе постоји континуитет у градњи објеката у којима је звук имао суштински значај за намену простора. Архитектонски програм у коме је звук у средишту пажње градитеља у сваком од историјских периода који су претходили новом веку био је повезан са сакралном функцијом.

Четврта посебна хипотеза

Музичка аналогија заснива се на транспоновању целобројних односа музичких интервала на геометријске пропорције. Примењивана је у архитектонском пројектовању током историје европског градитељства. Уочава се и на размеравању српске сакралне архитектуре моравске стилске групе.

1.5 Методе истраживања

Сложеност предмета истраживања изискује примену *мултидисциплинарног приступа* и значајан број опште-научних и основних посебних метода. Полазиште у раду представља *хипотетичко-дедуктивна метода*, која омогућава идентификовање чинилаца релевантних за сам предмет истраживања и утврђивање карактера њихових међусобних релација.

Од *општих научних метода* у раду ће превасходно бити коришћене *компаративна метода* и *метода моделовања*. Као *основне посебне методе* користиће се пре свега анализа садржаја, систематизација, класификација и коначно синтеза која би требало да омогући формулисање добијених сазнања у кохерентну целину.

Анализа предмета истраживања подразумева три главне фазе: (1) прикупљање материјала, (2) истраживање прикупљеног материјала и (3) израду студије случаја. У првој фази прикупљања и обраде материјала користиће се најпре *метода дескрипције*, затим *метода систематизације и класификације*, *метода индуктивног истраживања* и *историјски метод*. Анализа предмета истраживања биће реализована на два нивоа. Теоријски ниво претпоставља анализу знања и теорија о звуку, које су утицале на архитектонску праксу у европским културним оквирима, као и анализу релевантних становишта о односу архитектуре и акустике. Са друге стране, емпиријски ниво подразумева испитивање и анализу резултата остварених истраживања на пољу реконструкције акустичких одлика европског културног наслеђа. Фаза прикупљања и обраде материјала подразумева:

- сакупљање, проучавање и повезивање грађе – текстуалне, фотографске и техничке документације (основе, пресеци, изгледи);
- анализу и индуктивно истраживање писаних и других материјалних извора (оригиналних и секундарних);

- проверавање степена тачности и научне заснованости досад прихваћених историјских чињеница у вези са односом архитектуре и акустике.

У другој фази, истраживање прикупљеног материјала, користиће се *компаративна метода* ради упоређивања сродних појава и утврђивања њихове сличности у понашању и интензитету, како би се дошло до нових закључака који обogaћују спознају. Другим речима, ова фаза подразумева:

- систематизацију литературе и стварање трајне базе података у циљу унапређивања разумевања историјског значаја односа архитектуре и акустике;
- корелацију (аналитичку, синтетичку, критичку) нових података с подацима и идејама претходних истраживања;
- унапређивање схватања историјских чињеница.

Трећа фаза истраживања подразумева израду студије случаја. Поред прикупљања и анализе релевантне литературе, израда студије случаја такође подразумева и прикупљање потребне техничке документације из архива Републичког завода за заштиту споменика културе Београд, обезбеђивање потребних одобрења поменутог завода за рад у заштићеним споменицима културе, снимање постојећег стања на терену – геометрије одабраних црквених објеката и мерење импулсног одзива *in situ*. Након тога следи пропорцијска анализа објеката, затим сређивање, поређење и тумачење акустичких резултата добијених *in situ* мерењем.

Након горе наведених фаза и израде докторске дисертације следи представљање истраживања стручној и широј јавности.

1.6 Научна оправданост

Научни допринос овог рада је вишеструк. На првом месту, он се огледа у *(1) систематизацији грађе* из различитих научних дисциплина која се односе на мултидисциплинарну тему дисертације. Са друге стране, научни допринос лежи у *(2) дефинисању критеријума и вредности* за успостављање односа архитектуре и акустике, односно постављању ширег културно-историјског контекста, при чему долази до *(3) проширивања и продубљивања разумевања* историјског развоја архитектонске акустике, кроз препознавање примене различитих геометријских, техничких, технолошких, филозофских и научних интерпретација сазнања о звуку у архитектури. Такође, израдом студије случаја *(4) градитељско наслеђе моравске школе поставља се на мапу археоакустичких истраживања*, чиме се у извесној мери попуњава мозаик европске акустичко-градитељске баштине.

Археоакустика је неоправдано запостављена у научном дискурсу у Србији, те се друштвени допринос овог рада заснива на *(5) скретању пажње научне јавности* на значај ове истраживачке области за разумевање историје културе.

2.0 АНАЛОШКА МИСАО КАО ОСНОВ РАЗУМЕВАЊА ОПШТЕГ ОДНОСА

„Сваки, дакле, човек мора усредоточити сву своју мисао и своје истраживање на почетну тачку да би се уверио да ли је она у темељима исправна или не. А кад је почетна тачка dostatно и доситница изложена, јасно је да остало следи за њом.” (Platon 1976, 436d)

Приступ истраживању историје односа архитектуре и акустике сакралних простора темељи се на античком концепту аналошке мисли, на основу кога су дубље ишчитавани односи и тако спознавана природа истраживаних појава. У овом поглављу пажња је најпре усмерена на античко порекло аналошког мишљења и његове рефлексije у наредним историјским периодима, полазећи од идеје аналогии макрокосмоса и микрокосмоса која обједињује људско биће, архитектуру и звук (поглавље 2.1.1). С обзиром да архитектонско обликовање одвајкада човеку користи као вид изражавања и комуникације са светом, поставља се питање о *природи тог односа*, те су надаље разматране натуралистичка и конвенционалистичка теза, како их је Платон представио у наизгед лингвистичком дијалогу *Кратил* (поглавље 2.1.2). Аналошко мишљење такође је баштињено кроз историју српске културе. У прилог томе говоре бројна истраживања српских мислилаца. У поглављу 2.2 пажња је усмерена на аналошку мисао у делима Лазе Костића (песника и филозофа), Михаила Петровића Аласа (математичара и физичара) и Милана Злоковића (архитекте и теоретичара пропорција). У Костићевим природно-филозофским разматрањима аналогии одговара његовом термину *премости* (поглавље 2.2.1), код Петровића је то *феноменолошко пресликавање* (поглавље 2.2.2), а код Злоковића *реципрочно залапчавање* (поглавље 2.2.3). На овај начин показано је да су истраживачи различитих научних и уметничких области баштинили античку аналошку мисао као део свог културног наслеђа, при чему су се без изузетка позивали на идеје античких узора.

2.1 Античко порекло аналошког мишљења

2.1.1 Сакрална архитектура и аналогија макрокосмос-микрокосмос

*„Својство онога што је истински опће јест да буде плодно.“
(Genette 1985, 404)*

Почеци заснивања филозофског мишљења уско су повезани са освешћивањем потребе за ослобођењем од традиционалног схватања живота (Вошњак 1983). Сходно томе, историја античке науке превасходно се разматра кроз историју филозофије. За овај период својствено је коришћење дедуктивног метода и постављање фундаменталних аксиома или принципа. Основна филозофска мисао античке Грчке постављала је питање да ли је свет који постоји космос или хаос, тј. да ли јесте уређен или није. Реч космос означавала је нешто лепо, уређено и складно. На основу претпоставке да је свет уређен, античка мисао даље је постављала питање како се та уређеност одражава и да ли је могуће да се њеном спознајом унапреди људско постојање (Вошњак 1983). У том циљу коришћене су аналогије, као вредан инструмент за идентификацију различитости, који такође може обухватати и веома широк спектар разноликих појмова (Anderson 1950, 120), чинећи тако један од важних механизма концептуалне промене знања (Gentner et al. 1997, 4). Циљ аналошког мишљења јесте да се досегне сазнање о појавама које нису део наше искуствене спознаје, те Андерсон са правом каже да је аналогија закон постојања, али и закон сазнања и акције (Anderson 1950, 111).

„Поетичке метафоре, научне теорије, филозофске систематизације, теолошке илустрације, све оне засноване су на сличности између познатих односа два појма људског искуства и сличних односа два друга појма која по себи измичу нашем разумевању. Када су књижевна аналогија, научна аналогија, теолошка аналогија ригорозне, онда све оне у својој основи имају пропорционалну структуру.“ (Grenet 1948; према Anderson 1950, 118)

Аналогије се такође увиђају у учењима предсократовских филозофа, попут Хераклита из Ефеса, Парменида из Елеје и Емпедокла из Акраге. **Хераклит** (535–475 г. пре н. е.) је заступао став о нераскидивој вези људског бића са природом. С обзиром да људско биће припада целини која је већа од њега самог, могуће је да искључиво кроз себе спозна свет (Вошњак 1983). Тако је Хераклит сматрао да је до спознаје природе дошао истраживши себе самог (фр. 101), јер је „*свим људима дато да спознају сами себе и да буду разумни*“ (фр. 116). Јединственост уређености света за Хераклита била је последица концепта непрекидне промене и вечног настајања, при чему све настаје кроз супротности. Другим речима, не постоји хармонија без високог и ниског тона, нити живих бића без мушког и женског (Diels 1983а, 148). „*Супротно се сједињује и из различитог најлепша хармонија [настаје] и све настаје борбом*“ (фр. 8). Хераклит је начело кретања придавао свим стварима – вечно вечнима, а пролазно пролазнима (Diels 1983а, 143). Стална промена је суштина постојања, а „*пут према горе и према доле је један и исти*“ (фр. 60). Пут према доле јесте пут ка земљи, ка материјалном плану егзистенције (Diels 1983а, 139). Непрекидно протицање и промена осликавали су циклични поредак света: „*На ободу круга заједнички су почетак и свршетак*“ (фр. 103). Универзалним почелом света сматрао је ватру, која се се „*са мером пали и са мером гаси*“. Кружно кретање, циклуси, стална промена (сагоревање) и пригодна мера за све, основни су елементи којима је Хераклит описивао хармонију космоса. Разумео је прикривеност њених основних принципа – „*природа воли да се скрива*“ (фр. 123), те је „*невидљива хармонија јача од видљиве*“ (фр. 54). За спознавање вечних истина природе Хераклит је сматрао да је човек опскрбљен са два оруђа – опажањем, које је непоуздано, и разумом, тј. логосом који је крајњи критеријум истине. Давао је „*предност ономе што се може видети, чути и спознати*“ (фр. 55), али је такође упозоравао да су „*очи и уши лоши сведоци људима ако имају варварске душе*“ (фр.107). Сматрао је да је сврха достизања мудрости спознавање духовне моћи која управља кроз све (фр. 41).

Парменид из Елеје је за основни принцип сматрао јединствено и непроменљиво Биће, вечно, ненастало и куглолико. Први је назвао небо Космосом, а Земљу округлом (Diels 1983a, 203).⁴ Увео је појам неуништиве супстанце, која је основ западног мишљења. Сматрао је да су ватра и земља почела свега – земља као материја а ватра као узрок и чинилац (Diels 1983a, 198). Са друге стране, људским чулима доступно је само оно неуређено и променљиво (Diels 1983a, 201). Као и Питагора, Ксенофан и Емпедокло, Парменид је говорио о варљивости чула, те је стога научно расуђивање назвао начелом истине у бићима (Diels 1983a, 209). И **Емпедокле Акрагаћанин** подржавао је аналогију макро и микро света, сматрајући да је човек природа у природи.

Крајем V века пре н. е. велики значај у обликовању античке научно-филозофске мисли имали су питагорејци – активна група мислилаца потекла из Питагорине школе. Питагорејци су развили спекулативну филозофију, математички дискурс и освојили извештан степен научне мисли, који су на својствен начин прожели магијско-религијским елементима (Preti 2002a, 27). Основа античког мишљења заснивала се на ставу да људска природа тежи ка знању, али и ка његовом митологизованом тумачењу. Сходно томе, оно најскривеније по својој природи у идеалном случају саопштавало се путем мешавине мита и сазнања (Pavlović 1981, 37).

Питагорејци су сматрали да Дух, кога су налазили у својој души, обухвата читав свет, а да је физички свет отисак духа. Сва освојена знања питагорејци су објединили у јединствен, продуховљени систем. У њиховој школи владало је јединство музике, математике и мистике. Сматрали су да се филозофија може употребити за духовно прочишћење и уздизање душе до јединства са божанским (Чанак 2009). Врхунско достигнуће било је спознати начело које лежи у основи нечега – од науке, преко организовања рада, домаћинства, државе и сл. (Jamblih 2012, 106), односно открити и разумети законитости,

⁴ Дилс такође наводи и да је Питагора први целину свемира назвао Космосом, због успостављеног реда у њему (Diels 1983a, 105).

које су објективне и независне од посматрача. Трагајући за прапринципом уређења космоса, питагорејци су успоставили своју добро познату догму – *Све је број*. Математичка апстракција сматра се једним од њихових најзначајнијих открића (Воџић 2010). Како би свели све процесе на елементарне принципе, настојали су да кроз редукционистички приступ сваки од процеса или појава прикажу кроз бројеве и њихове односе. Број је представљао ознаку, меру, однос, значење, снагу, функцију, стање у којем се нешто налази, али и својствени израз важности (Вошњак 1983). Из овога је следило да је математика основна наука којом се може објаснити свет, односно да се сви други односи који се јављају у свету могу свести управо на односе бројева.

Хармонију која уређује целокупан космос питагорејци су сматрали врлином (Diels 1983а, 397). А врлине су такође сводили на бројеве. Монада или јединица је почело броја, а број је величина која је састављена од монада. Читаво небо образовано је из бројева, те су бројеви узрок целокупног постојања. Све ствари хоће да опонашају Једно. Према питагорејској традицији, почела су бројеви и симетрије у њима, које је Питагора називао и хармонијама, а да су и из једног и из другог састављени елементи које назива геометријским. Другим речима, број је сматран идеалним. Из тога је следило да је аритметика супериорна, рационална наука, док је геометрија чулна, односно делом рационална, а делом интуитивна. Такви ставови одвели су у метафизику бројева (Preti 2002а).

Сводљивост природе на јединствен закон односа омогућавао је да се и музика разреши у математичким релацијама, односно да се кроз бројевни однос изрази међузависност дужине жице и висине тона⁵. Другим речима, питагорејци су заступали мишљење да се хармонија, односно принцип уређености космоса, може исказати кроз аналогije. Јер „*природа је у свему слична самој себи*“, како је говорио Хераклит, те неумитно тежи складу и симетрији (Петровић 2005, 111). Дакле, питагорејска школа у потпуности је математизовала целокупан космос, па тако и појавну стварност, музику, па и

⁵ О овоме ће бити више речи у поглављу 3.1.1.

људску душу, сматрајући да се и она састоји из тетраде – умовања, разумевања, мишљења и чулног опажања.

„Сазнаћеш, колико је то допуштено смртнику, да је природа у свему слична самој себи.“ (Питагора у Хиерос Логос, Jamblich 2012)

Од софистичке филозофије, најснажнији утицај на развој архитектонских теорија и разматрања питања хармоније оставио је Протагора, који је тврдио да је *„човек мера свих ствари: оних које јесу да јесу, а оних које нису да нису“*. Он је такође говорио да су ствари онакве какве се сваком појединцу на његов начин чине (Diels 1983a, 244). Са софистима, путујућим филозофима, спремним да свуда отворено разговарају о темама које се тичу човека, друштва или државе, дошло је до релативизације и преиспитивања свих темељних ставова. Тада је критеријум мишљења постао прихваћен као основа сазнања.

Упркос томе што се **Платон** (427 – 347. г. пре н. е.) супротставио Протагорином полазишту, сматравши да је Бог мера свих ствари, те да се човеку та улога никада не може приписати (Вошњак 1983), изузетно је истицао моћ расуђивања. У његовим делима јасно се учитава продужење питагорејског мишљења да је математичка наука пут којим се спознају истине о природи. Платон је сматрао да се научна мисао мора изразити математички, јер је математика најпрецизнији и најпотпунији начин мишљења за који су људи способни. На тај начин, Платон је поставио темеље математици као епистемолошкој парадигми.

У седмој књизи *Државе*, која се сматра програмском основом за разумевање Платоновог односа према *питагорејској науци* (Pavlović 1981, 13), истиче се дијалектички метод као једини *„који се не држи претпоставки, него иде право према почетку да би утврдио какав је он, а око душе, закопано у варварско блато, нежно извлачи на површину и уздиже га...“*. При томе су *„као помоћнице и водиле“* неопходне вештине аритметике, геометрије,

астрономије и науке о хармонији⁶ (Platon 1969, 7.533), које треба „*прописати омладини*“ зарад правилног васпитања и уздизања њихове душе. Платон полази од аритметике – науке рачунања, чији је циљ да се кроз посвећивање рачунању разумом схвати суштина бројева и истина која лежи у основи свега, и на тај начин се одврати ум од света постојања.

„[Наука рачунања] душу силом уздиже, приморава је да схвати бројеве по себи, и не да јој да се обазире кад јој неко пружа поједина тела која се могу видети и опипати и која имају своје бројне размере нити се њима бави.“ (Platon 1969, 7.525)

Следећа у низу дисциплина је геометрија, која представља „*сазнање о ономе што је вечно. Она уздиже душу нагоре, а филозофско размишљање надоле, припрема за успон*“ (Platon 1969, 7.527). Натпис на улазу у Платонову Академију – *Нека нико ко не познаје геометрију не улази овде* – говори у прилог томе да је геометрија сматрана сложенијом и суптилнијом дисциплином математике пошто се бавила и несамерљивим. Апстрактно се сматрало реалним, а чулно илузорним (Воџић 2010). Затим након краћег разматрања вештине која би се бавила испитивањем тродимензионалног простора, уводи се астрономија као следећа вештина, а са њом и појам кретања. Овде упозорава да иако се физички поглед упире нагоре испитујући астрономске појаве, да га поглед душе не мора нужно пратити, односно да баш напротив може бити уперен према доле „*чак и ако испитује пливајући на леђима или лежећи на земљи*“ (Platon 1969, 7.529). Другим речима, Платон сматра да поглед душе уздиже искључиво наука о бићу и о невидљивом:

⁶ Архита је био први антички филозоф који је сматрао да треба груписати четири канонске, математичким методом дефинисане науке – аритметику, геометрију, астрономију и музику. Током средњег века ово су предмети које је садржавао класични *quadrivium*, што у преводу са латинског значи четворопуће, односно четири начина за мерење и рачунање, којима је обухваћено целокупно људско знање. Систематизација овог знања по начину и методу одређено је групом *trivium* – тропуће који су чиниле реторика, граматика и дијалектика. Тривијум и квадривијум чинили су основ хуманистички усмереног образовања од периода антике, па све до XVIII века.

„Ове дивне небеске слике, зато што су насликане као видљиве, треба сматрати за најлепше и најсавршеније од свих таквих ствари, а ипак треба знати да су оне далеко иза оних истинских слика чија је истинска брзина и истинска спорост, а са њима и све оно што је у њиховом кругу, управљају и покрећу по истинитом бројном односу у истинитим положајима као и да се оне могу схватити само разумом и размишљањем а никако очима.“ (Platon 1969, 7.529)

Као следећу неопходну вештину Платон у *Држави* наводи науку о хармонији, корисну *„за истраживање лепог и доброг“* (Platon 1969, 7.531). Сматра је комплементарном науком астрономије:

„Као што су речи астрономији неопходне ... тако изгледа да су хармоничном кретању потребне уши, и чини се да су ове две науке, као што тврде питагоровци ... међу собом, некако, сестре...“ (Platon 1969, 7.530)

Важно је разумети да се прави јасна разлика између музичког васпитања и науке о хармонији. Музичко васпитање *„чини душе хармоничним“*, доводећи их у *„одређену равномерност“*, али то није *„знање које води сазнању“*. Насупрот пуког препознавања бројева у акордима, наука о хармонији треба да испита проблеме ове *божанске ствари* који се односе на хармоничност бројева и одговори на питања који су бројеви и због чега хармонични (Platon 1969, 7.531). Другим речима, суштина природе унверзума може се изразити бројем, чији проналазак је човечанству донео *„способност истраживања природе свемира“*. Зато Тимај каже: *„Са тих је пак извора, као дар богова, потекла филозофија од које веће добро нити је дошло нити ће икада доћи смртноме роду (Platon 1981, 47b).“*

Платон је био први познати мислилац који је развио аналогију као филозофски концепт. Најзначајније идеје по том питању изнео је у дијалозима *Тимај*, *Држава* и *Филеб* (Nokso-Koivisto 2014, 18). У *Тимају* износи идеју да је

космос заједничко дело Ума и Нужности, те да се и збивања у њему могу само делимично схватити, и то кроз аналогију макро и микро света, јер је читав свет јединствен живи организам (Platon 1981, 17-27). Демијург, тај мајстор уметник, „... градио [је] свемир стављајући ум у душу и душу у тело, како би начинио дело по природи најлепше и најбоље, и тако овај космос уистину божјом промисли постао живо биће обдарено душом и умом“ (Platon 1981, 30b). Ова идеја може се даље пренети на човека градитеља, који обликује архитектонски простор на материјалном плану стварања. Затим, Тимајев Демијург одуховљава материју, стављајући душу у тело, а човек пак уносећи звук у простор. Тек се онда у душу поставља ум – инструмент свести путем којег се разазнава информација и спознаје аналошки однос макрокосмоса и микрокосмоса. Са овом спознајом открива се још једна тајанствена особина материје, како је то исказао Бранко Павловић: „... мати свега рођеног чини своје потомство духовно слепим, па је свако духовно прогледавање својеврсно отимање и бежање из материнског крила (Pavlović 1981, 37).”

Хармонија, „која у себи садржи покрете сродне кружним кретањима наше душе“, заснива се на истим бројевним односима и на тај начин кретање душе „доводи у стање уређености и сагласности са самим собом“ (Platon 1981, 47d). Сходно томе, Тимај говори о ритму, који је људима дат да нас чува од недостатака мере и оскудице у љупкости, својственој већини људи (Platon 1981, 47e). Он такође наглашава звук као везу између материјалног света и душе.⁷ Пут спознаје света јесте пут ума и његове аритметичко-геометријске суштине, кроз који се остварује веза Демијургове творевине космичке душе и живота на Земљи. О јединству свих делова космоса и њиховом међуодносу, Тимај каже:

„...два појединачна не могу се лепо саставити без трећег; у средини мора постојати нека веза да би та два спојила. Најлепша би веза била она која би и себе саму и оно што спаја све више сјединила, а то природно, на најлепши начин постиже сразмера.“ (Platon 1981, 31c)

⁷ О опажању звука, како је Платон изнео у Тимају, биће више речи у поглављу 3.1.3.

Геометрија је основно средство да се дође до идеје, односно броја; она је, преко чулима достигнутих просторних деформација, материјално изобличење чисте аритметике. Међутим, спознаја ирационалности простора још оштрије је наметнула мисао да се у космосу материја супротставља идеји, односно да постоји раскорак између теоријског објашњења и појавне стварности. Тај рационално тешко објашњив јаз античка мисао је превазилазила кроз суштински појам односа или сразмере (Preti 2002a, 61).

Уопште узевши, аналогија микрокосмоса и макрокосмоса односи се на идеју да се одлике, делови или односи који се појављују у оквиру једног већег ентитета, такође могу пронаћи сажети у мањим јединицама тог истог ентитета. Реч је о пресликавањима између различитих слојева стварности. У филозофским интерпретацијама, фокус је обично на човеку као микрокосмосу и његовом односу са универзумом – макрокосмосом (Nokso-Koivisto 2014, 14).⁸ Џорџ Конгер (George Perrigo Conger) је основну идеју теорија макрокосмоса и микрокосмоса објаснио тако да *„делови света који варирају у величини испољавају сличности у структурама и процесима, указујући на то да један део опонаша други или друге у различитој размери“* (Conger 1922, xiii).

Сва стваралачка испољавања културе била су обухваћена аналогијом макрокосмоса и микрокосмоса. Храмови су представљали оваплоћење божанског, космичког поретка и отеловљавали основни принцип целокупног постојања, успостављајући везу материјалног и духовног плана. Сакрална архитектура представљала је непосредан начин да се манифестује божански принцип и појасни свет, она *„помаже духу да се одјели од узнемиравајућег мноштва ствари како би се могао успети ка Бесконачном Јединству“* (Burckhardt 2007, 12).

Симболичко представљање, као вид психичког изражавања, коришћено је још у архитектури праисторије. Како је Јунг истицао, *„симболи су природне и*

⁸ Сматра се да извесни облици аналошког мишљења воде порекло још из праисторијских времена. Тако се анимизам сматра једном од форми аналогије. Микрокосмизам се такође јавља у митологијама и традиционалним друштвима.

спонтане творевине које увек значе нешто више од њиховог изравног и очигледног значења“ (Jung et al. 1987, 55). Они су „важни састојци нашег духовног обликовања и битне снаге у изградњи људског друштва“, које се спонтано стварају у несвесном, а затим се неретко разрађују на свесном нивоу. Сходно томе, симболи могу изазвати дубок емотивни одзив, односно снажан психички набој (Jung et al. 1987, 67-93). Јунг је такође истраживао архетипове, исконске слике или прастару колективну основицу психе која представља извесни нагонски тренд (као на пример, птичији нагон за изградњом гнезда). Свесни и несвесни део духа комплементарни су пар супротности, према Јунгу. Свест има веома важну улогу, јер држи кључ за вредности несвесног, чисте природе. Како несвесни савладава свесни ум, апстракција постаје основни начин комуникације (Jaffe 1987, 257-308). Кроз симболичке слике долази до читавања нагона у машти људског бића, јер сами архетипови имају специфичну енергију, која се може преусмеравати преко обреда и других изазивања масовних осећаја. У човековој природи је да претвара објекте и облике у симболе, чиме им заправо придаје велику психолошку важност. Симболичка повезаност човека и природе буди емотивну енергију. Он надаље те симболе користи у својој религији, уметности, архитектури, свестан њиховог енергетског набоја и снаге. Као пример очувања и препознавања енергетског набоја светог места, Јафе наводи случај из XV века, када је папа Клемент II забранио да се религијске свечаности одржавају у праисторијској пећини у којој су осликани коњи. Нагонски се осећало да су то изворно била религијска места чија је светост очигледно надживела векове (Jaffe 1987, 234).

Примитивне цивилизације су свако светилиште сматрале приказом космоса, јер кућа садржи човека по узору на велики свет. Сходно томе, обликовање архитектуре античког театра, као и сакрална архитектура наредних историјских периода, заснивала се на потреби за симболичким пресликавањем и отелотворавањем космичке уређености. Архитектура храмова тежила је да веродостојно искаже и овековечи идеју покорности и преданости Богу, свеопштој космичкој хармонији. Из тог разлога аналогија између космоса и светилишта, као грађевине посвећене Богу, постала је

реципрочна: Божански Дух настањује светилиште на исти начин на који настањује Универзум, и обрнуто – сам Дух садржи Универзум. Стога је из духовне перспективе, светилиште увек било смештано у само средиште света, а његов просторни план је представљао синтезу света: оно што је у непрекидном кретању у универзуму, у архитектури се, путем геометрије, транспонирало у сталну, правилну и непроменљиву форму, као „*безвремени аспект или коначно стање света у којему су све ствари у равнотежи*“ (Burckhardt 2007, 17). Тако се време преображавало у простор, а ритмови видљивог космоса стабилизовали су се геометријом грађевине, омогућавајући тако „*њихову реинтеграцију у недељиво јединство Бића*“ (Burckhardt 2007, 18).

Веровање да је геометрија својствена природи, а не део оквира који користимо да бисмо природу описали, своје порекло води из мисли античке Грчке, која је геометријске облике сматрала чистом манифестацијом апсолутне лепоте (Карга 1989, 190). Геометрија је била средиште грчке математике, као основа за проницање у апстрактне и вечне истине, те је у изузетној мери утицала на античку, а кроз наредне векове и на целокупну европску филозофију и науку. Тај значај геометрије за античку мисао огледао се и у њеној блискости са аритметиком и музиком, које су тада сматране сродним областима, јер су се бавиле исконским облицима постојећег – бројем и величином (Diels 1983a, 380).

„За људски дух (...) тражење истине је одувек представљало потрагу за непроменљивом непознатом, било да се она називала Идејама, Формама, Архетиповима, Бројевима или Боговима. Ући у храм који је у потпуности конструисан у непроменљивим геометријским пропорцијама представља улазак у пребивалиште вечне истине.“
(Lawlor 1982, 11)

Јунг је сматрао да бројеви представљају везу између материје и психе, те да су најплодније поље за даља истраживања: „...*бројеви нису појмови које су људи свјесно измислили у сврху рачунања: они су спонтани и аутономни производи несвјесног – као и други архетипски симболи* (Jung et al. 1987, 310).“

Према питагорејској симболици, бројевима су придавана значења и као такви су се материјализовали у одређене геометријске облике. Примера ради, највећу енергију сматрало се да носе бројеви један, четири и десет. Број један је оличавао апсолут, коначно јединство, божанско начело, па је и његов геометријски еквивалент морао бити савршени круг. Број четири је означавао прву рођену ствар, односно свет Природе, а одговарајућа геометријска слика била му је квадрат (Lawlor 1982). Декада је сматрана „*најскладнијом, најприроднијом и највише повезаном са мистеријама*“, те је представљала темељ - „*најсавршенији узорак Богу, градитељу света*“ (Diels 1983а, 352). Најснажније значење придавано је тетради и декади, чија опет моћ лежи у тетради. Филолај је декаду сматрао „*прихватилицом неограниченог*“ (Diels 1983а, 353).

„Кунем се у онога ко је открио тетрактис, непресушни извор наше мудрости и корен вечите природе.“

Питагорејски златни стихови 47-48 (Jamblih 2012, 92)

Представљен тачкама, као троугаони број од десет тачака (видети поглавље 3.1.1), тетрактис је за питагорејце представљао врховни симбол универзалних сила и процеса. Горње три тачке представљале су троструку белу светлост која потенцијално садржава све звукове и боје. Осталих седам тачака представљале су боје спектра и тонове музичке лествице. Боје и музички тонови схватани су као активне стваралачке моћи које сачињавају структуру космоса. Од тога су три тачке у горњем реду представљале духовну природу створеног света, а доње четири тачке су симболизовале ирационалну сферу, односно нижи свет (Hol 2013, 352).

Геометријске форме изражавале су основне филозофске идеје о животу и устројству космоса. За античку Грчку својствена је била *опседнутост кругом као најсавршенијим обликом* (Карга 1989, 192). Тако су, на пример, кроз сам кружни облик позоришта антички Грци изражавали трагично схватање постојања. И хор се на таквој позорници кретао кружно, указујући на увек изнова понављајућу драму људске судбине ухваћене у вечити ток кружног

уздицања и пропадања (Петровић 2005, 197). Или укратко, у Хераклитовом маниру речено: *на ободу круга заједнички су почетак и свршетак* (фр. 103). Поред тога што су приписивали значења и врлине сваком од бројева, питагорејци су такође истицали симболизам геометријских облика који су представљали материјализацију броја. Тако је Питагора тврдио да је из коцке настала земља, из пирамиде ватра – која је у средишту свемира, из октаедра ваздух, из икосаедра вода, а из додекаедра настала је сама сфера свемира (Diels 1983a, 354). Круг је у антици схватан као примарна геометријска слика (Petrović 1974, 47). Ово значење круга, као најсавршенијег облика, касније је поново пуном снагом оживљено у ренесанси. Док круг симболизује бесконачна небеска кретања, надређену стварност и активни принцип, четвороугаона форма осликава начело јединства и материјалну стварност. Снажна повезаност са земаљским планом, чврстим и инертним стањем, поцртава пасивни принцип четвороугаоне форме. У метафизичком значењу, правоугаони облик симболизује начелну непромењивост која у себи садржи и разрешава космичке антиномије. Дакле, кружна форма проиходи из цикличног космичког кретања, указујући на немерљивост и сферични облик небеса, а четвороугаона форма одражава позитивни и непроменљиви закон. Управо из тог разлога *„сва света архитектура се може посматрати као развитак основне теме трансформације круга/кружнице у квадрат“* (Burckhardt 2007, 19). Округлост симболизује природну поступност, док четвртасти облик представља схватање тога у свести, односно свесно увиђање унутрашње поступности (Von Franc 1987, 215). Круг или сфера представља симбол јаства, изражавајући целину психе у свим њеним видовима и при томе укључујући и однос између човека и читаве природе. Круг исказује целовитост живота. Слика круга и квадрата од памтивека чине целину. У складу са Платоновим описом душе, Јафе објашњава да је круг симбол психе (Jaffe 1987, 240-7). Кугла је симбол материје повезане са Земљом, симбол тела и стварности.

„Град, тврђава и храм постали су симболи психичке целокупности и на тај начин врше особити утјецај на људе који улазе у њих или у

њима живе... у архитектури [је] пројекција психичког садржаја била посве несвјесни процес. „Такво се што не може домислити, већ мора поново израсти из заборављених дубина, ако жели изразити најдубља знања свијести и најузвишеније интуиције духа, спајајући на тај начин јединственост данашње свијести с древном прошлошћу човјечанства“ – пише др Јунг.“ (Jaffe 1987, 243)

Кроз прецизно пројектовану геометрију, архитектура храмова настојала је да оваплоти поредак универзума. *Templum* је латинска реч за свету област која се издвајала од осталог земљишта за потребе контемплације космоса (Burckhardt 2007, 24). С обзиром да је сакрална архитектура представљала танану везу два света, градитељи ових здања одувек су тежили да материјализују дух, али и да одухове материју, којој су даље у складу са стремљењима епохе придавали одлике коначног израза.

„Форма [у аристотеловском смислу] је та која рекапитулира (...) суштинске квалитете бића или објекта, и тако се супротставља материји. У иницијацијској примени ове идеје, геометријски модели представљају аспекте духовне истине...“ (Burckhardt 2007, 69)

У сакралној архитектури током целе историје европске цивилизације наилази се на ово усаглашавање кружних и правоугаоних форми. Наглашавање таквих решења постизано је и кроз облик крста, који је као средишњи симбол хришћанске уметности и архитектуре постао једна од најизраженијих варијанти основе храма. Са развојем облика крста од грчког ка латинском типу дошло је до постепеног померања средишта у горњу зону, што је симболизовало снажнију тежњу ка небу. Идеја сакралне архитектуре хришћанства била је да овековечи дијаграм крста уписаног у круг, као симбола Христа и симбола космичког јединства. Крст је произилазио из укрштања основних оса правоугаоне основе храма, чинећи тако посредни елемент између кружнице неба и квадрата земље (Burckhardt 2007, 59), при чему је апсида храма симболизовала дух или душу – цикличност, а брод храма одражавао је линеарност – физичко тело.

Суштина средњовековне мисли заснивала се на доктрини математичке кореспонденције између макрокосмоса и микрокосмоса (Wittkower 1971, 16). Сматрано је да геометрија, попут моста, омогућава да се пређе преко непознаница материјалне природе, као преко неког мрачног мора, ка осветљеним пределима савршене стварности (Lawlog 1982, 11). Кроз пропорционисање архитектуре тежило се да се изрази свеопшта хармонија универзума. Архитектура је требало да представи видљиви ехо космичке хармоније (Wittkower 1971, 8). Са ренесансом је у пуном јеку оживело античко математичко тумачење Бога на којима се заснива хармонија макрокосмоса и микрокосмоса, као и Витрувијева архитектонска теорија заснована на пропорцијском односу људског тела, архитектуре храма и космоса. Витрувијев човек, уписан у квадрат и круг постао симбол математичке наклоности између макрокосмоса и микрокосмоса, а у складу са тим било је и хришћанско веровање да је човек слика Бога која отеловљује хармонију Универзума (Wittkower 1971, 16). Тако долази до поновног окретања човеку као основној мери свега. Сматрало се неопходним да сваки део грађевине буде укључен у исти систем математичких односа. С обзиром да је човек слика Бога, пропорције његовог тела последица су божанске воље. Из тог разлога, и у архитектури се настојало да се кроз пропорције изрази божански поредак, а не да оне зависе од ауторове својеволјне примене сопственог система односа (Wittkower 1971, 101-2).

„Италијанска ренесанса цени учење о пропорцији, али не више као занатско олакшање рада и обично помоћно конструктивно средство, већ као остварење једног метафизичког постулата. (...) Није ни средњем веку било страно то метафизичко тумачење грађе човековог тела, по коме је човек као микрокосмос само слика организације макрокосмоса...” (Petrović 1974, 104)

Сматрало се да величанственост и достојанство архитектуре лежи у њеној заснованости на бројевима и геометрији (Wittkower 1971, 67), односно да архитектура отеловљује врлину претачући је посредством бројева и геометрије у форме материјалне стварности. Духовни преображај у светој

архитектури праћен је обрнуто аналогним симболизмом, у којем се различити циклуси велике „мере“ времена, „кристализирају“ у геометријској слици основе храма (Burckhardt 2007, 20). Другим речима, архитектонске теорије пропорција саздане су на метафизичкој основи аналогнија макрокосмоса и микрокосмоса, која негира недокучивост свеопштег устројства света. Тако Панофски пише: „...пропорцијска слика човека у космосу, она је суштина античке уметности коју у ренесанси сви цене и проучавају и, најзад, то је чулно остварење музичке хармоније света у човеку... Тиме се људско тело изједначаје са округлим обликом космоса (Panofski 1955; према Petrović 1974, 165).“

Архитектура храма са акустиком свог унутрашњег и спољашњег простора у целини пресликава космос – кроз мирноћу архитектонског простора и кретање акустичког времена. Хераклит је истицао то стално кретање међу супротностима: „грађевинари...опонашају живот човека: сухо овлажујући, а влажно сушећи, цјелине растављају, а растављено састављају“ (фр. 17). Архитектура јесте постојана слика у одређеном временском распону. Насупрот њој, звук је тренутан, са незнатном трајношћу од садашњег тренутка. Тек посматрани скупа, архитектура и звук дају целовитост у простору и времену. Нема архитектура готово је нежива у својој немогућности остваривања целовите комуникације са публиком. Звук је тај који је оживљава и преводи у садашњи тренутак. Није ту реч искључиво о питању естетике звука у простору, већ, напротив, звук доприноси разумевању и проживљавању простора. Као што је музика начин да се духовно проживи број, тако је звук у архитектури која га у извесном смислу обојава средство путем кога се спознаје простор и продубљује визуелни доживљај.

„Аналогија у првом реду значи усклађеност, међусобно поклапање, узајамну везу која упућује изнад природе и упућује ка заједничком пореклу... видети, открити, схватити и изразити аналогију значи видети свет у његовој непролазности, вечним узајамним везама, у непроменљивој узајамној припадности.“ (Хамваш 1999, 106)

2.1.2 Кратиловско становиште

Испитујући проблем исправности именовања ствари и појава, Платон се у дијалогу *Кратил* кроз лик Сократа дотакао неколико значајних идеја везаних за поимање природе и приступа истраживању њених обличја. Ове идеје надаље су уткане у античку мисао, која је преузимања и допуњавана током читаве историје европске науке, те њихови одједи и данас одзвањају. У дијалогу *Кратил* обрађен је проблем именовања или, другим речима, однос између имена и ствари које та имена означавају. Кроз разговор ликова Сократа, Кратила и Хермогена истичу се две основне тезе. Кратил је „очију упртих у природно име сваке ствари“ (Platon 1976, 390a,e), те он заступа натуралистичку тезу да је сваки предмет добио „тачно име“ које му по природи лежи. Ствари саме по себи „имају своју бит која је постојана, без односа према нама и неовисно о нама (...) како их је створила природа“ (Platon 1976, 386e). Насупрот томе, Хермоген подржава конвенционалистичку тезу да речи проистичу из слагања и договора међу људима. Сократов став је пак противречан или барем двозначан (Genette 1985, 11). Чини се као да је његов основни циљ збунити Кратила и довести у противречност његову језичку теорију и филозофске вредности. Сократ настоји да покаже да поједине речи могу бити лоше изабране или на погрешан начин творене. Међутим, номотетова грешка је неприхватљива теза за Хермогена и Кратила, јер обојица верују у непогрешивост самог творца (Genette 1985, 32).

За разумевање односа архитектуре и акустике, од важности је детаљније испитати кратиловски аргумент, који се суштински заснива на аналогiji. Дајући пример немих људи који се изражавају покретима свога тела, опонашајући тако кретањем оно што би заправо хтели да изговоре, Платон уводи идеју да име заправо гласом опонаша суштину онога што се опонаша (Platon 1976, 423b). Зато најпре разматра почела – слова и гласове, сматрајући да сви они који се баве ритмом најпре анализирају његове основне конститутивне елементе (Platon 1976, 424b). У контексту језика, исправност самог имена ствари тежи да помоћу слова и слогова опонаша извештан појам и

на тај начин покаже природу ствари (Platon 1976, 427d, e). „Упознавши природу имена ... упознајемо каква је ствар, јер се догађа да је слична имену (Platon 1976, 435e).“ Ово је важно, јер је архитектура такође један вид језика – изражавања и комуникације са појединцем, заједницом и окружењем уопште.

У дијалогу се даље испитује аналогија сликања и именовања ствари и појмова (Platon 1976, 431d), која се у извесном смислу може схватити као аналогија слике и звука у приказивању одређеног субјекта. Сократов лик прави значајну разлику између „каквоће слике“ и онога „што нужно зависи од неког броја у свом бивствовању“. Тако наводи да и најмање промене броја доводе до стварања другог броја, али да насупротив томе код „каквоће или уопште слике, није реч о истој исправности“. Стога истиче да не треба безусловно „применити све појединости лика по којем се прави слика, ако желимо слику и постићи“ (Platon 1976, 432b). Ово је Сократово становиште излишности да имена буду слична у свим тачкама са стварима које именују, а сходно томе и да слика не треба у свим својим деловима подједнако да изражава саму ствар, већ да је потребно да постоји „довољан узорак“ ствари која се слика или у случају имена „довољан узорак“ појма о којем се говори. Овде је управо нагласак на довољности а не на потреби за потпуним пресликавањем у свим тачкама, како између појма и слике, тако и између појма и његовог имена, односно звука који га означава. Та довољност говори о непотребности постизања потпуне, једнозначне подударности, јер постоји одређени опсег одступања, релативности, у којем ће идеја и даље бити сасвим задовољавајуће пренета.

„... Од чега другог још очекујеш спознају тога? Зар не од онога што је у исти мах и природно и најоправданије, а то је да упознаш ствари једне кроз другу, ако су у неком сродству, или саме кроз себе?“ (Platon 1976, 438e)

Кратиловски аргумент Платон даље гради упућујући на који начин треба приступити истраживању како би се спознала права природа испитиване ствари. Стога излаже да свака ствар има суштину која је постојана, без односа

према нама и независно од нас, већ онако како их је створила природа (Platon 1976, 486e). Према томе, њихово деловање у складу је са самом природом (Platon 1976, 487a).

„Којим начином треба учити и откривати стварност, то можда надилази и мој и твој ум ... не треба кренути од имена, него морамо проучавати и испитивати ствари кренувши радије од њих самих него од имена.“ (Platon 1976, 439b)

Другим речима, ствари треба упознати полазећи не од имена и наших ставова који су уграђени у именовање и разумевање одређених појава, већ од самих ствари и односа који међу собом успостављају. Управо ово је и основно полазиште за истраживање историје архитектонске акустике – разматрање природе односа који међу собом успостављају архитектура и акустика, имајући при томе на уму да је *„лепо увек слично себи“* (Platon 1976, 439d), а да *„ниједна спознаја...не обухвата ствар ако ова нема своју сталну бит“* (Platon 1976, 440). У том односу, као и у било којој другој природној појави, уграђено је кружно кретање. Платон полази од тога да језик, а у овом случају звук, изражава све – *„покреће се кружно и све ставља у кружење“* (Platon 1976, 408c). На тај начин, кроз стално кретање и настајање, постојано кружећи, Платон препоручује да ваља истраживати природу бића, односно природу успостављеног односа.

Као у Хераклитовом космосу Сократов лик у Кратилу изражава идеју да се све креће и мења, те да никада не постоји на исти начин, удаљавајући се тако од свог идеалног облика, па *„кад му се приближиш да га упознаш, оно постаје нешто друго“*. Из тог разлога, циљ сваког истраживања треба да буде спознаја идеалног облика, уопштавање и апстраховање тог сталног кретања и промене. Звук у архитектонском простору покреће људску душу на кретање. Иако тело, условно речено, мирује попут саме архитектуре, изграђени објекат је место на коме долази до полета душе тежећи остваривању хармоније. На тај начин опонаша се целокупна стварност космоса каквог га познајемо.

„... Хармонија (...) која у себи садржи покрете сродне кружним кретањима наше душе (...) [јесте] дар Муза, помоћник који кружно кретање душе, постало у нама као неусаглашено, доводи у стање уређености и сагласности са самим собом.“ (Platon 1981, 47d)

Кратилова теза део је Хераклитовог космоса који се заснива на сталном кружењу и цикличности. Он даје ваљану основу за разматрање односа архитектуре и акустике. Примера ради, сакрална архитектура готичког периода, јесте монументална, елегантна и са јако израженом тежњом ка висини. Насупрот овог убедљивог архитектонско-визуелног утиска, унутрашњи простор готичке катедрале сматра се озбиљним акустичким задатком, како би се омогућила разумљивост говора свештеника или пак уживање и музици оргуља или хора. Међутим, не одражава ли акустичност унутрашњег простора заправо природан однос са геометријом саме грађевине? Јер ако се приближавамо Богу кроз изградњу сакралног објекта, да ли онда и звучно поље настало у њеном окриљу осликава само по себи Реч Божју? Оно што се нашем уху, навикнутом на добро избалансирану звучну слику XXI века, чини као пренаглашен одјек (или, у терминима акустичке науке, веома дуго време реверберације), можда нам само показује како у близини божанског наша дела, у овом случају сам глас, постају вишеструко умножена, те нам указују на свемоћ божанског. Да ли звучност светог простора управо резонује ову идеју?

„За Сократа је надљудско дело које је изискивало непогрешива логотета било миметичко давање имена; насупрот томе, једноставна конвенција (...) дефинирана као хировито или случајно прихватање (...) била је надхват руке било коме. За Лајбница је све обрнуто: ономатопеја је била расположива „пучком“ мозгу првих људи, док је чиста конвенција „филозофски задатак“.“ (Genette 1985, 61)

Сократ је у дијалогу *Кратил* увео аргумент номотетове грешке, односно да поједине речи могу бити лоше изабране или лоше творене. Овај аргумент је потпуно неприхватљив за Кратила и Хермогена, који сматрају да је именотворац непогрешив. У контексту архитектуре, овај Сократов аргумент наводи на питање да ли је одређена архитектура неодговарајућа из разлога што не производи жељено звучно поље. Уколико то није случај, значи ли то да архитектуру посматрамо и појмимо потпуно независно од звука који у њеном окриљу опажамо? Са друге стране, уколико то ипак јесте случај, то би значило да је звучно поље, односно акустика, нераздвојива од саме архитектуре, те да се заједно морају проучавати и тумачити. То такође говори у прилог потреби за холистичким приступом истраживању историје градитељства.

Кратилоовско становиште најбоље се може сагледати када се постави наспрам хермогенистичког. У контексту архитектуре и звука то би изгледало овако: Однос архитектуре (геометрије неког простора и његових материјала) и акустичког поља које се у њој обликује, заснива се на законима производње, простирања и опажања звука. На основу звучне информације човек аутоматски закључује да ли је простор у коме се налази широк, скучен, висок или низак, наставља ли се у непрегледан низ просторија или га је могуће обухватити једним погледом. У извесној мери звук доприноси субјективном доживљају, и то не само аудитивном већ и тактилном осећају простора у коме се налазимо, попут предмета који речима изражавамо.

„Као што има ствари које не производе никаква звука, ту преовладава аналогија са тактилним осећајима: ако је ствар мекана или тврда на додир, мекоћа или тврдоћа за ухо служи да се одреде гласови од којих ће се створити реч.“

Свети Августин (Genette 1985, 39)

На овој натуралистичкој основи заснива се и кратилоовска теза у чијој основи лежи питање о постојању исконске звучне слике коју као градитељи

тежимо да досегнемо.⁹ Са друге стране, хермогенистички аргумент најлакше је сагледати у контексту развоја аудио технологије уз помоћ које данас озвучавамо просторе. Наиме, сада је постало могуће да се уз примерену аудио опрему сваки простор испуни акустичке захтеве, односно да акустички показатељи¹⁰ постану оптимални, а квалитет акустике простора независан од самог простора. Оптималне вредности акустичких показатеља представљају договор заснован на субјективним проценама слушалаца. То је хермогенистички приступ, који води потпуном раскиду природне везе звука и простора у коме се он опажа, те поништава читаву једну димензију спознавања простора и разумевања историје културе.

„Људи у давној прошлости, који су постављали имена, били [су] сасвим онакви каква је већина наших сувремених мудраца: постојано кружећи уокруг, истражујући природу бића, хвата их вртоглавица, а затим им се чини да и ствари круже понесене ковитлацем. Одговорним не праве свој унутрашњи немир, као да би и он био крив за такво гледање на ствари, него сматрају да су саме ствари по природи такве, наиме, да у њима нема ништа постојано ни непокретно. Оне теку и бивају ношене и испуњене су трајним кретањем и настајањем.“ (Platon 1976, 411c)

⁹ То је питање којим ће се читава једна научна област – археоакустика или археологија звука – бавити на смени XX и XXI века. Археоакустичка истраживања представљена су у поглављу 4.0.

¹⁰ О акустичким показатељима ће бити више речи у поглављу 3.5.

2.2 Моравска школа аналошког мишљења

2.2.1 Релативност као суштина природно-филозофских разматрања Лазе Костића

На ток античког аналошког мишљења у свом раду и стваралаштву ослонио се Лаза Костић (1841–1910), српски филозоф и песник. За разлику од својих савременика, идеолога просветитељства који су настојали да успоставе умну аутономију човека и истакну његову одвојеност од ограничавајуће природе, Костић је сматрао да се природа не супротставља историји и духовном свету човека, већ да је са просветитељском мисли, том „педагошком рефлексијом“ о свету „какав би требало да буде“, прекинута веза са изворима постојања и стварања (Петровић 2005, 63). Сличну мисао је знатно касније тематизовао немачки филозоф Мартин Хајдегер својом идејом о заборау бића у историји. Увидевши да каузалност, као низање догађаја по систему узрока и последице, не нуди опште начело које би повезало узрок и последицу, Костић пише да „закон каузалитета не треба сматрати као закон васелене, но само као закон оног дела јој, што је у домаћају наших средстава за поуздано посматрање“ (Kostić 1961, 69). Он је критиковао и индуктивни и дедуктивни метод, јер претпостављају битну разлику дела и целине. Сматрао је да „данашња владарка духова научних, индукција, губи се у ситницама“, занемарује целокупну слику и води „губитку познавања целине“ (Костић 1880, 5), онемогућавајући тако синтетички поглед на свет. Оданост индуктивном методу доводи до унутрашње противречности знања, гомилања информација, нових хипотеза и бесадржајних теорија, које заправо сазнању не обезбеђује већу истинитост и чврстину (Петровић 2005, 119). Насупрот томе, за дедуктивни метод сматрао је да „губи поузданост сазнања“ у прешироком обиму хијерархијски највишег појма. Свестан странпутице просветитељске картезијанске науке, са којом је дошло до губитка смисла за фина повезивања и претераног гомилања имена и значења, Костић је решење понудио у укрштају метода индукције и дедукције, те тако повратку методу који има у виду целину сазнања, а не сазнајни дуализам субјекта и објекта. Субјект и

објект, или антички речено микрокосмос и макрокосмос за њега су аналогije, а не одвојене суштине. Заступао је учење о природној равнотежи, аналошкој мисли која лежи у основи свеукупне повезаности света, „*која подржава и конкретност индукције и обухватност дедуције*“ (Петровић 2005, 67) и повезује расута значења у јединствену целину.

Тежећи да обједини филозофски и поетски приступ разумевању света и човека, Костић је изнео своја разматрања у две расправе: „Основа лепоте у свету са особитим обзиром на српске народне песме“ (1880) и „Основно начело – критички увод у општу филозофију“ (1884). У њима се превасходно ослањао на своје разумевање античке мисаоне нити „*три јелинска мудраца*“ – Анаксагоре, Хераклита и Емпедокла. Сматрао је да су они први скинули „*боровити вео са лица највише тајне*“, те да су „*сагледали и својима објаснили основни закон створења*“ (Петровић 2005, 79), то једно једино, основно начело.

У делу *Аналогија и ентропија* Александар Петровић дубоко и систематично тумачи Костићеву филозофију природе и њену укорененост у античком наслеђу. Костић се превасходно ослањао на заједничку полазну основу Хераклитовог и Емпедокловог учења. Пратећи своју интуицију он је проницао у увиде античких мислилаца које је даље укрштао у својој филозофији природе. Емпедоклова два основна покретачка начела космоса су љубав и мржња: „*И та непрекидна смјена не престаје ама баш нигда: час се по Љубави сва у једну споје цјелину, непријатељством пак Мржње час сватко на свој пут креће*“ (Diels 1983а, В17). У Костићевој филозофији то једно које ниче из множине одговара сили хармоније, а једно које се раствара у множини одговара сили симетрије. Костићева хармонија и симетрија су Емпедоклова привлачна љубав и одбојна мржња. Код Хераклита такође постоји начело супротности – „*рат је отац свега и свега краљ*“ (Diels 1983а, В53), а које се огледа у Костићевом рату симетрије и хармоније (Петровић 2005, 88). Састављено-растављено исказано је у Хераклитовој слици лука и лире (Diels 1983а, В51), чије струне треба подесити на хармоничан начин јер њихова делотворност зависи управо од две супротстављене напетости струне – затегнуте и отпуштене – и тачне равнотеже која се међу њима успоставља. Из

овога се разоткрива скривена мисао да ствари нису одвојене једна од друге, већ да су сачињене од супротности и да су делотворне док налазе равнотежу, хармонију, „*оно различито које се са собом слаже*“ (Петровић 2005, 83-92). Хераклит јасно указује на једину основног начела: „*Многознање не учи разуму (...) Једно је наиме мудрост: спознати духовну моћ која управља све кроз све*“ (Diels 1983а, В40-41). Он такође каже да је пут нагоре и надоле један и исти (Diels 1983а, В60), односно да деловање сила постоји у оба смера. У складу са тим Костић пише: „*Све бива, каже он, склапањем расклопа и расклапањем склопа, или складом расклада и раскладом склада. Хераклит је само слутњу свог народа ухватио у огњену тачку, у фокус чистог огледала свога, те је у пуном, савршеном иако врло кратко и збијено истраженом начину оставио потоњем свету* (Костић 1880, 10).“

На почетку свог дела *Основно начело...* Лаза Костић наводи кључну мисао питагорејца Тимеја из Локриде из његовог дела *О природи света и душе*: „*Једнина овог света оснива се само на божанској вези размере, премости*“. Пошавши од ове мисли Костић је извео кључне појмове своје филозофије природе, „*један закон односа, једно начело размере, као једину основу свих појава на свету*“ (Kostić 1961, 13). Ту се уочава да Костић баштини мисао Питагоре и питагорејства. Свођење природе на један закон односа, између осталог омогућава и да се музички интервали могу прочитати, остварити или проживети кроз прецизно одређене математичке односе, односно да се „*хармонија може исказати аналогијама, али и као аналогија*“ (Петровић 2005, 111).

„*Како су ентитети састављени према најбољој аналогији, у равнотежном стању тако да се међусобно не надвладавају нити су надвладани да би неки били прекомерни или другачије мањкави, свет остаје у нераздвојивом склопу у складу са најбољом сразмером.*“
(Тимеј из Локриде, према Петровић 2005, 109)

Петровић је показао да излагање Тимеја из Локриде има бројних додирних тачака са Костићевим *Основним начелом...*, при чему је аналогија

кључна категорија. Насупрот картезијанској и позитивистичкој мисли, а кроз идејну блискост с античким узорима, Костић верује у јединствен закон који повезује свет, природу, човека и његов унутрашњи свет, те уочава аналогije у природним и духовним појавама. Сматрао је да је сво ваљано сазнање засновано на аналогijaма, премости, односно да се свет саопштава човеку кроз аналогije, а да је његов задатак само да их повеже (Петровић 2005, 10). Насупрот аутономности, раздвојености, специјализованости и стручности, он тежи враћању изворној европској мисли, сазнајним узорима који нуде ваљан однос према целини света и човека. Тако, Костић указује на повезаност и на целину, настојећи да свему нађе начело и меру. Овај вид спознаје могућ је само у античком цикличном разумевању света – у непрекидној космичкој сфери у којој се почетак и крај не разликују.¹¹ Из тог снажног уверења да су човек и природа повезани јединственим законом, те да нема смисла умовати о објекту, духу, историји, нити постојању, већ искључиво о односима између појава који су једини стални, следи да основ света не може бити ништа предметно, већ само неки однос који из себе поставља свет (Петровић 2005, 103).

Дакле, Костићев основни методолошки приступ јесте тражење премости у природи која се двојако открива – кроз стални отворени сукоб својих супротности и кроз њихово преплитање и стапање. У Костићевој терминологији то су симетрија и хармонија, две основне силе или односа по којима се збивају догађаји природног и духовног света. Кроз њихов укрштај настаје космос. Према Петровићу (2005), Костићев појмовни апарат у односу према природи садржи четири основне категорије: премост, симетрију, хармонију и укрштај. Ови појмови нису хијерархијски уређени, нити строго одређени, већ се преплићу и прожимају, *„обухваћени древним законом мере, који се исказује као свеопшта лепота која је услов и критеријум свему“*

¹¹ У складу са тим Петровић пише: *„Аналогије су могуће само у Хераклитовом космосу где се крај не разликује од почетка, док је ентропија могућа, насупрот томе, у Декартовом свету, где су почетак и крај два потпуно одвојена догађаја* (Петровић 2005, 13).“ Ентропија је израз за поредак који се неумитно расипа у неред, губећи однос према основним покретачким силама – хармонији и симетрији.

(Петровић 2005, 105). То су четири испреплетана ткања космоса, *праснаге* које удешавају све облике у јединственој грађи природног света (Kostić 1961, 139) и одражавају „*једно једино основно начело*“ које се појављује у „*свему и свачему што човек икад може спознати и дознати*“ (Костић 1880, 18).

Премост, надахнути превод грчке речи аналогија, темељни је појам Костићеве филозофије. Он одсликава динамику природе и омогућава обједињавање физичког и духовног света кроз укрштај, указујући при томе на „*премошћавање, повезивање одвојених стварности и изградњу њиховог савеза као основни догађај у овом свету*“ (Петровић 2005, 113). Објекат се не може спознати по себи, већ искључиво путем односа или скупа односа из којих је објекат успостављен. Кроз однос премости, односно природи својственог односа аналогије, покретачке силе симетрије и хармоније изграђују природу доводећи све делове у везу са целином и омогућавајући да се целина понови у свим размерама. Другим речима, Костићева премост јесте пресликавање, понављање или обнављање догађаја у различитим размерама у природи и духу.

Костић **симетрију** објашњава као постојање „*правилности у промени, слоге у неслози*“, те пише: „*две симетријске половине не само да нису истоветне, оне су противнице, али пријатељске противнице, сложне завађенице, а то још увеличава потребу те појаве у природи и драж њене лепоте у уметности*“ (Kostić 1961, 21). Он разуме симетрију на хераклитовски начин, те је одређује као „*здружење, састав противности два дела, управо две половине једне целине (...)* У симетрији се паралелограм снага појављује чулима, оку или уху. У ње влада исто начело што у динамици удешава притегу и одбој, атракцију и репулсију, центрипеталну и центрифугалну силу, што одређује размере у клађењу клатна, што проводи зраке или трепете у појава светлости, топлоте и звука; исто начело што господари појавама поларитета у електрици и магнетизму“ (Kostić 1961, 20-1). Симетрија је та која претходи материји, тако да изван симетрије нема говора о материји, јер је материја изведена из размере а не обратно (Петровић 2005, 129). Лаза Костић је увидео да симетрија није пука идеја, већ појава, укрштај који је праобразац

природе, основни покретач у тајни стварања. Поларност која постоји у симетрији, та напетост између два краја, даје енергију стварима. Сходно томе Костић сматра да су „*фундаментални закони*“ одраз праначела симетрије, а не обратно (Петровић 2005).

Витрувије је писао да „*симетрија настаје из пропорција, која се грчки зове аналогија*“ и представља „*подударане одређеног дела са појединим деловима*“ (Vitruvije 2000, III/61). За Тимеја симетрија није само пресликавање супротности, већ склад делова и целине. Као таква, она је основ лепоте. Костић не говори о статичкој, већ о динамичкој симетрији до које је дошла античка мисао. Динамичка симетрија обезбеђује раст, силу и кретање, управо оно о чему пише Костић у својим природнофилозофским разматрањима. Како ће бити речи касније, посебно у поглављу 5.0, облици динамичке симетрије јављају се у размеравању архитектуре, па и српских средњовековних цркава моравске стилске групе. Реч је о квадратури и функцији оборених дијагонала, код којих се остварују несамериве пропорције, односи $1:\sqrt{2}$, $1:\sqrt{3}$, $1:\sqrt{5}$, као и о тријангулатури која се заснива на правоугаонику θ и правоугаонику $1:\sqrt{3}$. Код овако остварене динамичке пропорције остварује се *ужљепљивање*, природно надовезивање, односно хармонија, у процесу раста.

Лаза Костић уочава да је **хармонија**, као и симетрија, појава, сила, дејствујућа енергија, „*исто тако стварна као светлост или топлота, магнетизам или електрика, исто тако опипљива као ма какав организам или ма каква механичка појава*“ (Kostić 1961, 32). Сама природа тежи складу и симетрији, те су фундаментални природни (и духовни) закони одраз те симетрије. Хармонија¹² представља могућност *ужљепљивања* два дела, где се „*издигнута места једног дела угибају у угнута места другог*“ (Kostić 1961, 33), док симетрија чини њихову „*пријатељску противност*“. Тако симетрија на извештан начин индукује хармонију, а хармонија пак успоставља симетрију (Петровић 2005, 142-9), односно хармонија је синтеза симетрије, а симетрија

¹² Хармонија је митско биће, ћерка Ареса, бога рата и Афродите, богиње љубави. Кроз своје родитељско наслеђе, Хармонија у себи сажима и хераклитовски рат супротности и емедокловске силе љубави и мржње.

је анализа хармоније. Оне су допуна и контрола једна другој, јер „хармонија није ништа друго до изврнута, или боље склопљена симетрија; и обрнуто: симетрија је изврнута, или боље склопљена хармонија“ (Kostić 1961, 34).

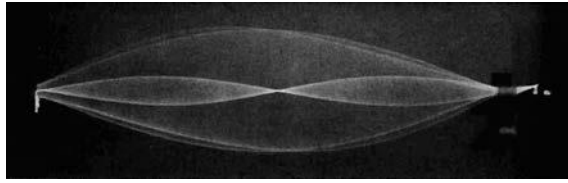
„Ухо је већ само по себи хармонија и најбољи начин ствараоца усмерен у стварању ваљане сразмере која ће несвесно опонашати његов склоп. Само зато што је по себи хармонија, ухо и може да чује хармонију, боље речено да чује, осети и спозна себе самог. Или гледано са друге стране, хармонија кроз ухо успева да чује себе саму и да на неки тешко схватљив начин постане свесна себе. Најбоља хармонија стога је она која на добро угођен начин понавља хармонију склопа за слух, јер је и склоп за слух могао да настане само у тренутку када је хармонија успела да дође до себе.“ (Петровић 2005, 207)

Кључна категорија Костићеве филозофије природе јесте **укрштај**. Он обухвата значења и симетрије и хармоније, које га у свом склопу производе, али им такође укрштај и претходи. Како Петровић тумачи: *„Укрштај изражава и оно најмање, што претходи свему, и оно највеће што је резултат свих кретања“* (Петровић 2005, 147). У Костићевом начелу укрштаја супротности се укрштају и *„састављају у једној посредници“*, при чему *„јача страна претрпи и сама неку промену после борбе; и на њој ће борба оставити свој траг као и на савладане, и у тој промени јаче стране живи надвладана даље, и то је њима заједничка последица, последица укрштаја“* (Kostić 1961, 15). Оваква идеја укрштаја може се наћи код Питагоре као број, код Хераклита као логос и код Емпедокла као једно. Укрштај израста из уравнотежених или неуравнотежених противности, које се *„морају укрстити и састати у једној посредници“* (Костић 1880, 2).

„Но било да га зовемо законом отпора, или законом измерене противности, законом паралелограма снага, или, напоследку, законом симетрије или хармоније, навек му остаје основни значај, урођена, битна, праставна особина: укрштај.“ (Костић 1880, 36)

Симетрија и хармонија нису апстракције, оне су праслике које у себи садрже покретачку снагу, *укрштај* у коме се сабирају све силе, омогућавајући тако да се свет буде одређен и спознаван у аналогијама, „*сличностима које се преплићу и у духовном и у природном свету*“ (Петровић 2005, 123). Укрштај се налази у средишту сваке симетрије, те две „*сложне завађенице*“. Тако Костић пише: „*Симетрија је слоп укрштаја, непосредних или посредних*“ (Kostić 1961, 130), јер „*симетрија не може да тече у недоглед, она деловањем друге силе, хармоније, бива приморана да се креће ка укрштају*“ (Петровић 2005, 332). „*Где престаје симетрија, ту се одмах нађе хармонија, а где се одмара и једна и друга, ту ћемо свугде наћи јасан, чист укрштај* (Kostić 1961, 35).“ Укрштај је јединствено збивање које управља преображајима симетрије и хармоније (Петровић 2005, 154). Он је првотни узрок, праобразац природе, али и сврха збивања појава која одражава праву меру делотворности равнотеже, те силе која руши све облике који су изгубили меру. „*Укрштају нема и не може бити краја; ...ритмови [се] све већма и све плодније заплићу*“ (Винавер 2012, 221).

Костић је графички представио симетрију и хармонију, и то симетрију као две стреле орјентисане у супротним смеровима $><$, а хармонију као две ужлебљене стреле $>>$. „*Жљеб је најпростија, најпластичнија оствара начела укрштаја, најобичнија, најочевиднија појава борбе у снази и слоге у борби, не само у човечијем рукотвору, већ и у природи...*“ (Костић 1880, 10). Сликвит пример односа симетрије и хармоније, те њиховог међусобног прожимања у укрштају, јесте треперење које настаје окидањем затегнуте струне (Слика 1). Костић о валовитости пише: „*Вал покрећу две снаге. Једна је притег земље, праснага гравитације, или, у неким случајевима, снага покоја, vis inertiae; друга је која му драго снага, која навалује против гравитационе, или снаге покоја. Како је снага гравитације, или покоја, праснага, те тако јака, да јој ни једна од осталих снага на земљи не може за дуго нахудити, то се твориво, на које две противне силе навале, обично течност, миче путем погодбе између те две снаге. Та је погодба непрестани укрштај те две снаге...*“ (Костић 1880, 14).



Слика 1: Симетрија, хармонија и укрштај на примеру струне која трепери. Извор: (Lawlor 1982, 22)

За Лазу Костића материја је непотребна претпоставка, јер материја не генерише силу, те праузрок свих појава нипошто не може бити у материји. Костићево критичко истраживање античких узора препородило је сазнање да материја није својство природе, већ да она представља само један вид тумачења природе. Како Петровић пише, материја је појам, име, облик мишљења, али не и стварност. Сам укрштај је *materia prima*, онај први склоп који омогућава свему да настане, да материја произиђе из живота, а не обратно (Петровић 2005, 125). Тако и архитектура изражава мисаони образац, духовно стање градитеља и културу времена у коме је настала. Костић праузрок свих појава, и физичких и духовних, спознаје у начелу премости које влада и материјом и покретом, „старијем и пречем и од материје и од покрета“ (Kostić 1961, 13).

Јединство грађе природног света увек и изнова исказује се кроз укрштај. Како Винавер тумачи, „укрштај тражи огроман стваралачки напор: што је већи укрштај и напор је већи“ (Винавер 2012, 226). Кроз укрштај настаје поље смисла. Исто се остварује и укрштајем звука и архитектуре, богослужења и простора храма. Како Костић пише, „свеколика вештина (...) своди се на две ускосне силе, на овапућивање мисли и на овамишљавање пути: слога ти двеју сила зове се форма, облик“ (Костић 1865, 10). Озвучавање архитектуре јесте један од облика одуховљења материје, односно архитектура материјализује дух, а звук изнова одуховљава материју. Јер „ништа нема вредност по себи, свему се најављује његова супротност и све се спрема за укрштај у коме добија свој потпуни смисао“ (Петровић 2005, 230).

За Лазу Костића лепота чини темељ и структуру света. Ослоњена на симетрију и хармонију, из лепоте извире сав свет. До бића се може доћи само кроз лепоту. Његовим одвајањем од природе губи се та могућност и нарушава се равнотежа. Костић верује у једнаку лепоту природе и духа, која се рађа из симетричног и хармонијског укрштаја елемената. „Ако свет долази у егзистенцију кроз симетрију и хармонију и њихов укрштај, онда он мора бити леп, он је осуђен да буде леп. Лепота је кодекс овог света, услов и унутарња промисао (Петровић 2005, 233).“ У тој потрази за лепотом, Костић се окренуо народном наслеђу, као изразу целовитог духовног рада једне културе који обилује укрштајем.¹³ За Костића је наслеђе вредност по себи, „живи симбол трајања, архетип који обезбеђује интегрисање човека у целину природе и космоса“ (Петровић 2005, 61). Настојећи да ствари опажа у јединству, Костић је пружио филозофски поглед на природу, свет и човека заснован на премости. Његова филозофска теорија релативности, укорењена у античком сазнајном наслеђу, премостила је картезијански дуализам материје и духа (Петровић 2005, 102). У његовом укрштају науке и поезије, та два симетрична или хармонична начина да се искажу основне истине о свету, Костић је превазишао проблем одвојености и дубинске неповезаности просветитељства.¹⁴ Стога Петровић пише да се у делу Лазе Костића, родоначелника српске филозофије, налази иницијално аналошко језгро српске нововековне мисли, а да је његова највећа историјска заслуга што је „дао основне црте повезивања мисли са изворима, повезао нит коју је истањила отоманска деспотија и изгрисло револуционарно просветитељство, да би тиме учинио више за будућа времена која ће се болно трезнити од просвећеног заноса“ (Петровић 2005, 34).

¹³ У народном стиху, уравнотежене метрике десетерца, остварен је унутрашњи однос 4:6 који одговара односу чисте квинте 2:3, основном интервалу питагорејске лествице о којој је писао Платон у Тимају.

¹⁴ Костићеву мисао премости даље су на различите начине наставили Михаило Петровић, Коста Стојановић, Ђорђе Станојевић, Иван Ђаја, а на свој начин и Ајнштајн – Марић својим концептом релативности (Петровић 2005, 35).

2.2.2 Феноменолошко пресликавање Михаила Петровића

Михаило Петровић Алас (1868–1943) је српски математичар који је целокупну научну каријеру градио радећи најпре на Великој школи, а затим и на Универзитету у Београду. Ослањајући се на античку мисао–хераклитовско *све је једно и исто* – објавио је више радова на тему математичке феноменологије¹⁵ у којима је негирао вештачке бедеме међу научним дисциплинама и свеколико људско сазнање сагледао као организам, развијен из јединствене основе:

„...оштрије посматрање, или дубља анализа, откривају, а песничка интуиција назире, да је све то у битности једно исто (Петровић 1998, 18).“

У најширем смислу схваћено, Петровић је у свом делу *Феноменолошко пресликавање*¹⁶ из 1933. године истраживао пресликавања, за која пише да се налазе на сваком кораку, *„не само у свим областима науке већ и у свим манифестацијама људског духовног живота“* (Петровић 1998, 23). Суштина Петровићевог пресликавања заснива се на аналогијама, односно на спознаји да поједине одлике неких појава подсећају на другу, по природи потпуно различиту појаву, са којом не стоје ни у каквој вези.

„Када је аналогија међу појавама одређенија и потпунија, кад се појавама тачно знају заједнички карактери и границе до којих се може ићи при њиховој идентификацији, аналогија постаје у исто

¹⁵ Термин *феноменологија* (на старогрчком *φαινόμενον* значи оно што се појављује, а *logos* је учење, наука) први је употребио у XVIII веку немачки физичар Јохан Хајнрих Ламберт. По њему је феноменологија наука која проучава оно што није ни истинито ни лажно, већ нешто треће – привид (Schein). За Едмунда Хусерла (1859–1938) пак феноменологија је наука о суштини, која се као веза научних дисциплина бави чистим есенцијама (Дамњановић 1975, 10). Треба приметити да је са идејом феноменологије Михаило Петровић изашао нешто раније од Едмунда Хусерла.

¹⁶ Завод за издавање уџбеника објавио је сабрана дела Михаила Петровића у петнаест томова, од којих су два тома посвећена математичкој феноменологији: *Математичка феноменологија* (том 6) у оквиру које је објављено дело *Математичко пресликавање* и научне расправе, и *Елементи математичке феноменологије* (том 7).

време и згодно оруђе за разноврсна научна истраживања.“
(Петровић 1998, 267)

Петровић полази од тога да сваки факт има своје појединости, везане за конкретна или апстрактна бића као њихове носиоце. Оне појединости које задиру и у суштину факата, садржавајући у себи и нешто што даје могућности за позитивне логичке дедукције које би довеле до предвиђања факата Петровић назива феноменолошким појединостима, њихове носиоце феноменолошким бићима, а факте одређене скупом такви појединости феноменолошким фактима. Тако су број, величина и ред феноменолошке појединости, математичка бића су феноменолошка бића, а математички факти су феноменолошки факти. Понекад су ове појединости површне и очигледне, али понекад захтевају и дубљу анализу или јаку песничку интуицију да би се запазиле.

Своја оригинална разматрања Петровић је илустровао бројним примерима из најразличитијих области сазнања. Код механичких и физичких појава уочио је двојаку природу аналогија. Једне су очигледне и лако уочљиве, попут математичких аналогија које постоје између појава електричног привлачења и оних којима је узрок гравитација. У њиховој основи лежи закон привлачења. Са друге стране, „поузданим водиљама у проучавању природних појава“ сматра аналогије међу појавама које немају додирних тачака, већ, како пише, излазе на видело „тек онда кад се појаве у мислима ослободе своје конкретне, природњачке одеће и кад се задрже у виду само улоге појединих њихових елемената и начин на који су те улоге међу собом комбиноване“ (Петровић 1998, 268).

Као и у Платоновом *Кратилу*, и Петровић говори о стварној, односно природној **узајамности** оригинала и слике (кратиловска, натуралистичка теза), и о конвенционалној узајамности, односно о узајамности која је произвољно наметнута (хермогенистичка теза). Објашњавајући конвенционално пресликавање Петровић се дотиче и мистичних визија античких филозофа, те пише да бића не морају бити бројеви, како су сматрали

питагорејци, нити да су бројеви атрибути бића који се могу чулно осетити, како је писао Платон, већ да се *међу бићима, фактима и бројевима може успоставити узајамност такве врсте да се свет факата на један потпуно одређен начин пресликава на свет бројева*. Но, за таква пресликавања била су потребна *позитивна математичка знања* која су у античком времену недостајала (Петровић 1998, 25). Међутим, Петровић се овде посебно бави природним пресликавањем, као пресликавањем факата најдиспаратнијих конкретних природа, који не морају имати никакве међусобне везе и у којима та природа не игра никакву улогу, а који се пресликавају једни на друге по њиховим заједничким појединостима.

„...треба у мислима збрисати границе појединих [научних] области и непосредно посматрати свет у коме се једне исте појединости провлаче кроз бекрајно шаренило спољних обележја, њиховог спољног руха (...) Тако се мноштво разноврсних и међу собом потпуно диспаратних механичких, физичких, физиолошких, патолошких, економских, социолошких и других појава пресликава, једна на другу по њиховој заједничкој црти.“ (Петровић 1998, 12)

Феноменолошко пресликавање заснива се на идеји да се феномени из различитих области искуства, које Петровић назива *диспаратним појавама*, могу пресликати на исту апстрактну суштину – *феноменолошки тип факата*. Примера ради, диспаратне појаве су феномен смањивања висине цунами таласа са повећањем његовог растојања од места настанка, опадање војне моћи освајача када се суочава са великим просторствима, умањење интензитета светлости са удаљавањем од светлосног извора, итд., а њихов заједнички феноменолошки тип је *слабљење са ширењем*. Затим, диспаратне појаве као што су смена плиме и осеке, дана и ноћи, менструални циклус, имају заједнички феноменолошки тип *периодично мењање изазвано периодичним узроком*. Освајачка бујица дивље необуздане хорде и водена бујица, имају заједнички феноменолошки тип – *дејство интензивног импулсивног фактора које јача са препонама што му се стављају насупрот*. Ово је пример природног пресликавања јер узајамност слике и оригинала долази од заједничке

својствене црте – деструктивна моћ јача са отпорима на које наилази. Ток времена, ток велике реке, лет избачене стреле и изговорене речи имају заједничку црту да се никада не враћају свом извору. Тиха старачка смрт и пешчани сат, са гледишта временског тока, имају заједничку црту која се огледа у томе да се нешто поступно гаси, лагано нестаје и неосетно коначно ишчезне.

Феноменолошки тип факата представља скуп чији *саставци имају што општије значење* и сведени су на нешто апстрактно, попут реда, броја и величине. Примера ради, *специфичност реактивне моћи нечега према спољним утицајима* јесте феноменолошки тип факата који пресликава акустичку, оптичку или електричну резонанцу или имунитет организма према одређеној врсти бацила. Свет феноменолошких типова много је једноставнији од света из кога је апстрахован и који се из њега може реконструисати додавањем онога што му је апстраховањем одузето (Петровић 1998, 202).

Феноменолошко пресликавање, као пресликавање факата у феноменолошке типове, доприноси примицању идеалном, крајњем циљу филозофије – *„свођењу бескрајно шарене слике факата на што је могуће простију скицу“* (Петровић 1998, 17). Петровић пресликавање распознаје у свим областима науке, али и у *манифестацијама људског духовног живота*, препознавајући га као инстинктивну духовну потребу човека, која је постојала од најпримитивнијих фаза свести. Пресликавањем, као неким видом говора у *пренесеном смислу*, може се допринети *јасности, схватљивости, изазивању живље слике у свести, изазивању емотивних ефеката, јачем истицању лепоте, итд.* При томе, пресликавање језиком и математичким инструментима Петровић сматра *најсавршенијим и најсуптилнијим начином изражавања*, те су, сходно томе, математичке аналогije најпотпунији тип међу диспаратним фактима, јер као *водиље* представљају *„моћно оруђе за проналажење нових конкретних факата у природним појавама“* (Петровић 1998, 77).

Одлазећи корак даље, Петровић је уочио да сваки феноменолошки тип факата садржи одређену **улогу** која је независна од *специфичне конкретне природе својих носилаца*, те се једна иста улога може везати за најразличитије носиоце. Ове улоге општих одлика Петровић назива феноменолошким улогама. Оне изражавају нешто апстрактно *из чега је искључено све што долази од спољне одеће бића и факата*. Другим речима, феноменолошке улоге су редуктивни елементи у свету факата, и њихов скуп је ограничен и доста мали (Петровић предвиђа чак њихово смањивање напретком науке, све до свођења на јединицу). Такве су, на пример, улоге импулсивног или депресивног фактора, улога изазивача, регулатора, стабилизатора, компензатора, теренска улога и сл. Свака улога је независна од конкретне природе ствари. Једно биће (елемент, фактор) може истовремено бити носилац неколико типова улога.

Основ за аналогије међу најразличитијим диспаратним појавама лежи у сличности улога одговарајућих диспаратних елемената појава (Петровић 1998, 271). У феноменолошком типу факата разликују се два скупа: примаран – скуп феноменолошких улога, и изведени – скуп факата. Узајамност ова два скупа доводи до могућности предвиђања скупа факата. У оквиру примарног скупа може се разликовати (а) нешто што се у њему може континуално или дисконтинуално мењати и (б) нешто што се не може мењати а да тип факта не изгуби ништа од важних елемената. Овај скуп (б) представља феноменолошки прототип факата, а променама у скупу (а) добијају се математичке нијансе једног истог прототипа. Феноменолошки прототип има основу одлику феноменолошког бића – независност саставака и целине од конкретне природе ствари, при чему садржи могућност предвиђања. Феноменолошки прототипови формирају се комбинацијама феноменолошких улога, редуктивним елементима у свету факата, те су сходно томе ограничени. Дакле, да би се омогућило предвиђање факата другог скупа, у који се први скуп пресликава са одређеног гледишта, неопходно је познавати улоге чинилаца скупа који се пресликава. Путем феноменолошких типова улога „*људска свест схвата и описује све факте у области могућности сазнања*“. То су редуктивни

елементи на које свест своди све из свог искуства. Петровић сматра да је појава довољно објашњена када је позната свака улога, тип те улоге и када се из тога може вршити предвиђање (Петровић 1998, 97). Као једну од најважнијих и најпресуднијих за појаве што се дешавају у феноменским пољима Петровић је истакао улогу терена. У инверзним сликама та улога је додељена различитим конкретним носиоцима. Тако, при размножавању једне биљне врсте теренску улогу има земљиште на коме се врши размножавање, са свим својим физичким и хемијским својствима, а при опажању звука у затвореном простору носилац теренске улоге је унутрашња архитектура тог простора.

Петровић такође уводи појам **језгра сличности факата**, под којим подразумева онај скуп факата који су међу собом слични са једног становишта. Они припадају једној аналошкој групи везаној за одређено гледиште. Скуп факата је аналошка основица језгра сличности. У науци, језгро сличности увек своди сличност на истоветност, односно оно што се апстраховањем добије као истоветно за све факте језгра сличности. До језгра сличности може се доћи његовим апстраховањем: 1) или из одређене аналошке групе као његове аналошке основице, 2) или из само једног факта сматраног као дела фиктивне аналошке групе за коју би се такво језгро могло привезати. Попут језгра сличности, феноменолошки тип факата се може апстраховати из једне аналошке групе као основе. За предвиђање по заједничкој слици аналошке групе (односно језгра сличности) Петровић пише да постоје примарни факти ϕ и као њихове последице изведени факти ψ_i . Када је здруживање примарних и изведених факата довољно одређено и познато, факти ψ_i се могу предвиђати помоћу факата ϕ и то како они који су већ ушли у језгро сличности тако и нови факти ψ_j који би то језгро допуњавали. За овакво предвиђање неважно је зашто овакво здруживање и нужност постоји, већ је само важно знати да постоји. А може потицати из принципа чисте логике, закона узрочности, стеченог искуства, конвенционалности, вероватноће, веровања, итд.

„Да би закључци, добијени пресликавањем по сличности, били оправдани и тачни, потребно је и довољно да су они изведени из

примарних факата у језгру сличности, а према нужности за коју се буде знало да постоји у самом језгру.“ (Петровић 1998, 116)

Овлашним сличностима, које такође указују на постојање заједничких црта и имају своје језгро које им даје смисла, Петровић назива поређења, асимилације, метафоре, алегорије и афоризме. Примера ради, време се пресликава на реку која се никада не враћа свом извору, носи појаве као предмете, а ови пак не утичу на њен ток; простор се пресликава на обалу дуж које протиче непроменљива река времена; душевна узнемиреност се пресликава на узбуркано море, и сл. Оваква поређења поред своје необичности имају и дубљи смисао, јер представљају израз једне истине.

Петровић пише да је механизам неке појаве објашњен када се познаје: (1) скуп свега што игра одређену улогу у дешавању појаве, (2) типови улога у вези са саставцима тог скупа (ова прва два представљају примарни скуп у посматраном факту) и (3) када се из ових познавања може предвиђати појава у целини и у појединостима. Другим речима, механизам (појаве) је феноменолошки пресликан када је извршено потпуно апстраховање од конкретне природе ствари. Тако каже да није потребно познавати *„интимну природу светлости, топлоте и електрицитета, већ само извесне тежње везане за те агенсе, да се ипак могу предвиђати појединости тока појаве“* (Петровић 1998, 92).

Ево неколико примера научних аналогија из различитих области науке. Код аналогије међу диспаратним појавама резонанце, важно је уочити да заједничко обележје појаве резонанце у разноврсним наукама јесте улога терена. Њена одлика је следећа: (1) између више фактора сличне врсте, само поједини могу имати осетан ефекат на једном датом терену, а (2) између разних терена сличне врсте само поједини могу чинити осетним ефекат једног датог фактора. Тако код резонатора са жицама, један одређени тон у близини учини да затрепере само поједине жице, док друге остају мирне. Као пример оптичке резонанце Петровић наводи Липманову методу фотографије у боји, при којој осетљиви слој реагује само на таласну дужину одређене боје, док

остаје неосетљив за друге боје, а за електричну резонанцу пример станица бежичне телеграфије које примају само одређене таласе, док остали остају без ефекта. Исто је и са имунитетом живог организма на бактерије, који је способан да пружа отпор само једној одређеној врсти бактерија (Петровић 1998, 59).¹⁷ У аналогiji између економских криза и болести Петровић увиђа да обе карактерише дуг припремни период током којег се гомилају симптоми кризе/болести која ће наступити. Након тога наступа кратки период са тешким ефектима, а затим фаза више или мање брзог опоравка, и коначно улазак у нормално стање које ће трајати до припремне фазе следећег циклуса (Петровић 1998, 65). Аналогija организма са друштвом, коју такође наводи Петровић, може се преформулисати у Витрувијеву аналогiju, коју је касније наставила и ренесансна мисао а која се односи на аналогiju организма и архитектуре храма. Тако, храм као и организам подразумева координацију својих саставних елемената, која се постиже диференцирањем функција, концентрацијом специјализованих активитета и реперкусијом ефеката произведених од једног елемента на колективност. Ова подела функција, како у физичком тако и у духовном погледу, представљају једну од карактеристика прогреса. Петровић ту наводи три услова за остваривање динамичке координације у организму и храму (у његовом случају друштву):

„(1) да се у њима израђују, прерађују и транспортирају страни елементи, чија је асимилација потребна за њихов опстанак;

(2) да су међу њиховим саставним елементима успостављени стални односи, који искључују могућност поремећаја равнотеже, неповољне за поменути динамичку координацију;

(3) да једна добро изведена функционална хијерархија повеже индивидуалне активитете саставних елемената у групе зависне једне од других, а све у једном заједничком циљу (Петровић 1998, 69).“

¹⁷ Иако поједини истраживачи сматрају погрешним правити аналогije звука, који је механичке природе, са електромагнетним појавама (каква је рецимо светлост), или са топлотом и другим физичким феноменима (Мијић 2001, 12), овакав вид проблема може се превазићи вишим нивоом апстракције о којем пише Петровић.

Петровић такође пише о геометризацији појединих факата, односно о геометријским сликама које треба да представе оно што се жели истаћи о факту. Он уочава да је у природи човека да своја сазнања представи визуелно, геометризовано и самим тим разумљиво. У складу са античком мисли о геометризацији света, Петровић пише да је општа тежња да у једном моменту целокупно људско сазнање постане геометризовано, те да ће и факти нематеријалне природе (када изађу из своје прематематичке фазе) бити обухваћени овим пресликавањем (Петровић 1998, 101).

Петровић је истакао да математичке аналогије могу бити „*моћно оруђе за проналажење нових конкретних факата у природним појавама, који би без аналогија као водилја, могли остати незапажени*“. Као пример наводи аналогије везане за принцип одржања енергије и стварање модерних физичких теорија Ома, Максвела и Хелмхолца, вођених наслеђеним аналогијама међу појавама (Петровић 1998, 77). Међутим, он упозорава и на суптилну природу аналогног закључивања, односно на ограничења која могу довести до погрешака у закључивању.

Петровић је пресликавање сматрао инстинктивном духовном потребом човека, инстинктом његових сазнајних моћи који је постојао и постоји у исконским слојевима свести¹⁸. Његова феноменологија је ваљано математички утемељена и може се једноставно проверити да се заиста односи на све области људског искуства и све врсте аналогија. Сматрајући да ће „*кад једном буде како треба разрађен, феноменолошки инструмент, као и математички, имати ту моћ да за нас мисли и доводи до резултата тешко приступних или неприступних обичном умовању*“ (Петровић 1998, 20), имао је потребу да своје учење о аналогијама саопшти ширем кругу филозофа, теоретичара уметности, песника и математичара.

¹⁸ Израз ове идеје пресликавања може се уочити у Јунговим архетиповима, као и у систему хексаграма древне *Књиге промена* коју је он истраживао. И Ајнштајн – Марић теорија релативности може се сагледати као начин пресликавања простора у време што је на први поглед тешко схватљиво, али и врло продуктивно.

2.2.3 Реципрочно заламчавање у теоријским разматрањима

Милана Злоковића

Милан Злоковић (1898–1965), српски архитект и теоретичар пропорција, свој радни век провео је као професор на Архитектонском факултету Универзитета у Београду. Злоковићеве биографи често раздвајају његово стваралаштво на практични рад пре рата и теоријски рад након рата (Maneвић 1989; Ђурђевић 1991). Међутим, Злоковић је сматрао да архитект може у потпуности да се оствари само уколико подједнако развија и практичан и теоријски рад, те је и сам тежио да резултате својих теоријских истраживања пропорција примењује у пракси. Тако су геометрија, као и хармонијски и пропорцијски односи постали нераздвајни део његовог стваралаштва (Blagojević 2003). Пропорције је истраживао у више испреплетаних видова – кроз истраживање архитектонског наслеђа (Балкана и Европе уопште), анализу пропорцијских препорука античких узора, и осмишљавање модуларне координације, као решења за текуће проблеме градитељства послератне Европе. Резултате својих истраживања објављивао је након Другог светског рата, па све до своје смрти 1965. године.

Централна тема Злоковићевих теоријских радова јесте примена пропорција и система мера у архитектонском пројектовању. У свом теоријском раду имао је двоструки циљ. Расветљавањем питања мера и пропорција у композицији, Злоковић је настојао да математички провери и на тај начин оправда решења која су усвојили градитељи прошлих епоха. Такође, ослањајући се на античке узор, Злоковићев мотив био је и да реши савремена питања у грађевинарству са којима се суочила послератна Европа, те да утврди оправданост примене геометријске пропорције у савременој архитектонској композицији. Из тог разлога, тежио је да утврди пропорцијске законитости како би се омогућило свесно повезивање елемената архитектонске композиције, а не пуко ослањање на интуицију архитекта (Zloković 1954, 1006).

Учествујући на архитектонско-етнографским експедицијама још као постдипломац, Злоковић је развио дубоко интересовање за градитељско наслеђе наших крајева. Похађао је студије историје византијске културе, архитектуре и уметности код водећих ауторитета из ове области - Габријела Мијеа и Шарла Дила (Влагојевић 2015, 53). Као члан експедиције Владимира Петковића, 1923. године пропутовао је преспанску и охридску област и прикупио податке „за дванаест разних споменика, већим делом из словенске и византијске епохе“¹⁹ (Злоковић 1925). На терену је истражио и Градачку цркву, задужбину краљице Јелене. Пишући о њеним стилским одликама истицао је *уметничко слободоумље* оновремене Српске цркве (Злоковић 1936). Са друге стране, ослонац у свом раду на пропорцијама Злоковић је превасходно налазио у античким узорима, јер је сматрао да је у антици геометрија била основ целокупног стваралаштва, те да је „античка математика имала видног учешћа у решавању основних проблема из области науке о хармонији и о пропорцијама у склопу практичне метрологије... [чему је] највише допринело одлично познавање геометрије и зналачки разрађен систем одабраних бројева“ (Злоковић 1955а, 191). Такође је сматрао да се на античким композицијским методима заснивају сви они методи који су се вековима, кроз читав средњи век па све до савременог доба, тајно преносили са колена на колена у зидарским ложама (Злоковић 1955а, 210).

Злоковић је показао да су сви мерни системи наше градитељске прошлости били засновани на антропоморфним мерама које су биле интегрисане у композицијске методе, односно да су „цели бројеви, као чинитељи одређене мерне јединице (или мерне подјединице), представљали основни предуслов за спровођење пропорцијске усклађености делова међу собом и ових са целином“ (Злоковић 1955а). Сматрао је да су главне мере зграда биле

¹⁹ Реч је о следећим објектима: (1) остаци базилике Св. Ахил на Малој Преспи (X век), (2) базилика Св. Софије у Охриду (XI век), (3) Црква Св. Константина и Јелене у Охриду (XI век), (4) Црква Св. Богородице у Охриду, (5) Црква Св. Германа у селу Герману у Малој Преспи (XI век), (6) Црква Св. Климента у Охриду (XIII век), (7) Црква Св. Јована Богослова у Охриду (XIV век), (8) Црква у Винени на Малој Преспи, (9) Црква Св. Богородице Захумске код Охрида (XIV век), (10) Црква Св. Наума код Охрида (X–XVI век), (11) пећинска црквица Успења у Калишту код Охрида, и (12) Црква Св. Атанасија у Калишту код Охрида.

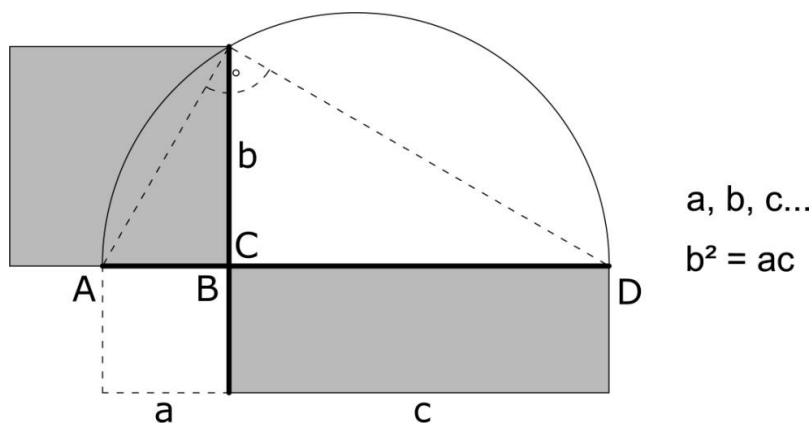
нужно добро промишљене, да се водило рачуна о броју оса, величини осног размака, димензијама отвора и мерама елемената другостепене пластике. „Притом није се никада губила из вида логична веза између појединих мера, веза која је могла бити постигнута на прост начин помоћу неке дате антропоморфне модуларне јединице – палма, стопе, лакта, аршина, итд... Стваралачка снага која је у њима садржана може доћи до изражаја само у оним случајевима када је међусобни однос бројева заснован на поставкама математичке законитости (Злоковић 1955а, 183)“. Ово своје становиште поткрепио је анализом примера другостепене камене пластике Боке Которске, Корчуле и Дубровника (Злоковић 1955а). Такође је сматрао да је при проучавању градитељског наслеђа неопходно анализирати објекат искључиво мерном јединицом у којој је изграђен.

У својим радовима Злоковић се позива на метод пропорционисања Огиста Тирша, заснован на непрекидној пропорцији и класичном принципу аналогije. Злоковић је увидео и у први план истакао антички корен идеје на којој се Тиршов метод²⁰ заснива – сличности слика коју је обрадио Еуклид у VI књизи својих *Елемената* (Злоковић 1949, 55). Полазећи путем Тиршове мисли да хармоничност настаје тек понављањем главне фигуре у њеним подподелама, Злоковић је такође истраживао принцип аналогije (Zloković 1954, 833), који се заснива на „понављању извесне основне форме кроз систем сличних слика у разним поделама и подподелама“ (Scholfield 1958, 102). Другим речима, у Злоковићевој терминологији *аналогija* би одговарала термину *реципрочно заламчавање*, које подразумева низање истих геометријских слика у различитим размерама по принципу реципрочних (односно управних) дијагонала.

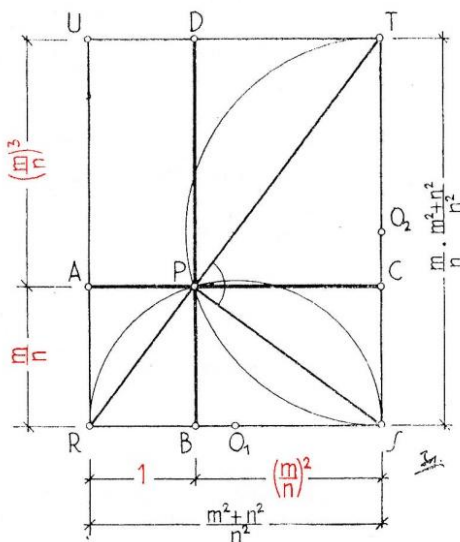
Злоковић је реципрочно заламчавање изводио према дијаграму средње геометријске пропорционале. Наиме, за сваку математичку средину постоји геометријско решење. Прецизно утврђивање ирационалних величина могуће

²⁰ Овај метод је усвојио и у пракси примењивао Ле Корбизије, а потом и многе архитекте модерног правца. Ле Корбизије се није позивао на изворе, већ га је представљао оригинално својим.

је добити графичком методом која се ослања на Питагорино правило и на конструкцију **средње геометријске пропорционале** (Злоковић 1949, 51). На слици 2 приказан је поступак конструисања, а на слици 3 приказано је заламчавање ове основне слике по принципу реципрочних дијагонала.

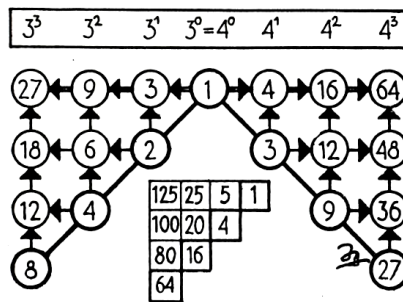


Слика 2: Конструкција средње геометријске пропорционале b за полазне сегменте a (AB) и c (CD), при чему је b њихова геометријска средина, односно важи $b^2=ac$. Извор: (Marjanović 2012, 104)

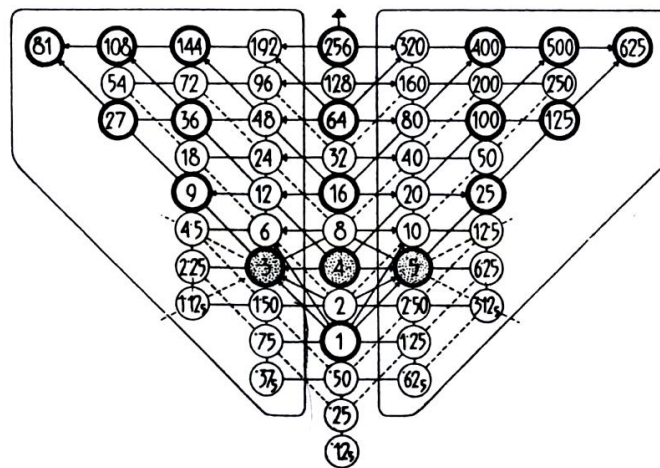


Слика 3: Реципрочно заламчавање изведено на основу конструкције средње геометријске пропорционале, при коме $1, \frac{m}{n}, \left(\frac{m}{n}\right)^2$ представљају прва три члана геометријског низа²¹. Извор: (Marjanović 2012, 311; Zloković 1954, 1008)

²¹ Геометријски низ је низ бројева код којих се сваки члан добија тако што се претходни члан помножи са једним сталним фактором (Milenković 1977, 20). Уколико су чланови геометријског низа a, b, c важи да је $b = \sqrt{a \cdot c}$, односно у овом случају $\left(\frac{m}{n}\right)^2 = \sqrt{\left(\frac{m}{n}\right)^3 \times \left(\frac{m}{n}\right)}$.



Слика 4: Платонова ламбда, укрштање геометријских низова са факторима 2, 3 и 4.
Извор: (Злоковић 1955а, 189)



Слика 5: Злоковићева разрада геометријских низова на основу бројев 2, 3, 4, и 5, у којој су геометријски низови бројева 2 и 4 представљени у вертикалном правцу, а геометријски низови бројева 3 и 5 у косим правцима. Извор: (Zloković 1958)

Настојећи да реши градитељске проблеме свог времена, Злоковић се враћао истраживању античких мислилаца²². Задојен питагорејством, био је у потпуности свестан значаја простих бројева. Међутим, упркос дотадашњим бројним истраживањима, није било понуђено прихватљиво решење који скуп простих бројева треба узети за преференцијалне коефицијенте²³ основног грађевинског модула. Злоковић је сматрао да изучавање Платонове ламбде, хармонијских консонантних интервала, геометријских и рекурентних

²² О важности геометријске пропорције писао је Платон у *Тимају*. Видети поглавље 3.1.3.

²³ Преференцијални коефицијенти треба да обезбеде што већи број применљивих мера у грађевинарству, са развијеним композицијским особинама (да буду адитивне и мултипликативне), али које су и естетски неутралне (Milenković 1977, 23).

низова²⁴ може довести до решења овог проблема. Сви ови скупови састоје се из одређене комбинације претежно простих бројева и стога неретко имају исувише заједничких чланова. Њихово комбиновање, а у појединим случајевима и поклапање био је само привидно лако решив задатак. „Геометријски низови са количником 2 и 3, засновани на Платоновој дуплој тетрактиси (ламбди) 1, 2, 4, 8 и 1, 3, 9 и 27 интегрисани су без разлике у свим предлозима, решавају само делимично проблем (Zloković 1958, 8).“ Њихова примена у архитектури захтева најпогоднију комбинацију која би архитекти давала слободу довољним бројем расположивих елемената (умношцима главног пројектанског модула, нпр. $M = 60 \text{ cm}$), али избегавајући и превелики број комбинација чиме би се изгубио практични смисао примене таквог скупа. Сам Злоковић експериментисао је са системом Платонове ламбде, односно са укрштањем два или више геометријска низа са факторима 2, 3, 4 (Слика 4), затим са факторима 2, 3, 4, 5 (Слика 5) и на крају са 2, 3, 5 и 6. Користећи ове низове Злоковић је изводио реципрочно залањавања.

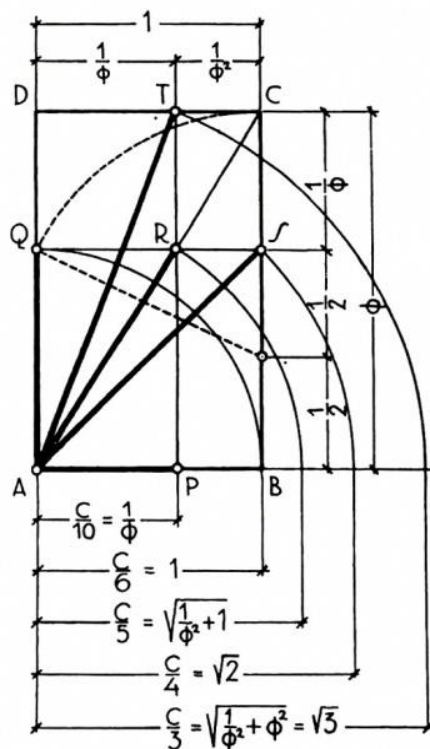
Злоковић је представио и могуће реципрочно залањавање по музичкој аналогји. У анализи композицијског метода заснованог на реципрочном залањавању хармонијских размера²⁵, Злоковић је испитивао могућности реципрочних односа у систему кварте и квинте. То је такоређи специјални случај дијаграма средње геометријске пропорционале, у коме сада $\frac{m}{n}$ представља хармонијски однос, односно 4:3 за кварту и 3:2 за квинту (Zloković 1954). Анализирајући градитељско наслеђе претходних епоха, Злоковић је уочио примену овог система, те пише:

„На сличан начин залањавања наишао сам проучавајући профану камену архитектуру нашег јужног приморја у раздобљу од XVI до XIX века. Верујем да је појава реципрочних мерних односа на многим

²⁴ Рекурентни низ јесте алгебарски низ бројева у коме сваки члан стоји у одређено дефинисаном односу са претходним члановима низа, и има уједначен, дефинисан раст.

²⁵ Музичку аналогју, односно примену односа консонантних музичких интервала у размеравану архитектонске композиције, Злоковић назива хармонијском пропорцијском поделом. О хармонијским размерама ће бити више речи у поглављу 3.4.

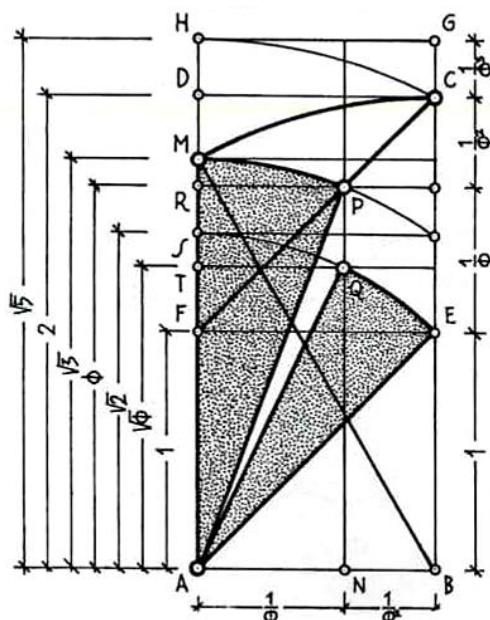
грађевинама ипак само последица наслеђених и механички преношених рецептура чије порекло треба тражити у средњовековним цеховима и у још даљој прошлости – у композицијским методама античког доба.“ (Zloković 1954, 1002)



Слика 6: Дијаграм приказује извођење страница правилних многоуглова – троугла, квадрата, петоугла, шестоугла и десетоугла—из фигуре квадрата и њихову везу са системом златног пресека. Сличан дијаграм први пут је објављен у књизи Адолфа Цајзинга (*Pentagramm, Stuttgart*) 1868. године. Извор: (Zloković 1965, 145)

Злоковић је у својим радовима истицао значај фигура квадрата, као полазне фигуре за геометријску конструкцију сваког пропорцијског система, и круга, као фигуре на којој је доказана међузависност свих пропорцијских система. Он је показао да три међусобно сродне методе строго геометријског пропорционисања почивају на потпуним фигурама које произилазе из правилне поделе круга. Реч је о пропорционисању путем: (1) тријангулатуре – засновано на једнакостраничном троуглу и правилном шестоуглу; 2) квадратуре – засноване на квадрату и правилном осмоуглу, 3) златног пресека – заснованог на правилном петоуглу и десетоуглу (Злоковић 1949, 56). За системе $\sqrt{2}$ и $\sqrt{3}$, односно квадратуру и тријангулатуру, Злоковић је сматрао

да су строго подвргнути геометријским спекулацијама, да су доста крути и недовољно еластични, те да добар архитекта који компоује по осећају ретко упада у ове системе (Злоковић 1954, 169-182). Насупрот њима, златни пресек је сматрао *најеластичнијим* пропорцијским системом (Zloković 1954, 1003). Дијаграм чији значај Злоковић посебно истиче објавио је Адолф Цајзинг 1868. године у књизи *Пентаграм*, посвећеној златном пресеку (Слика 6). Цајзинг је показао да се из правоугаоника $1: \Phi$, могу извести стране правилних многоуглова од 3, 4, 5, 6 и 10 страна, око којих се затим може описати круг јединичног полупречника (Злоковић 1949, 56).



Слика 7: Збирни дијаграм приказан у правоугаонику $1: \sqrt{5}$, који показује компатибилност ирационалних система $\sqrt{\Phi}$, $\sqrt{2}$, Φ , $\sqrt{3}$ и $\sqrt{5}$, и рационалних односа $1:1$ и $1:2$. Извор: (Zloković 1965, 164)

Злоковић је путем још једног извођења показао компатибилност различитих система пропорционисања. На дијаграму који обухвата све ирационалне геометријске пропорцијске системе (Слика 7), Злоковић је приказао њихову геометријску конструкцију полазећи од дуплог квадрата. На овом збирном дијаграму, приказано је пропорционисање унутар правоугаоника $\sqrt{5}:1$. Уочава се математичка међузависност ирационалних пропорцијских односа $\sqrt{5}$, $\sqrt{3}$ и $\sqrt{2}$ са Φ . Овај дијаграм, Злоковић је сматрао доказом да је комбиновање више пропорцијских система могуће (чак извесно!), управо због њихове међусобне повезаности.

Злоковић је увидео да је златни пресек интуитивно примењиван у историји градитељства. Полазећи од чињенице да се непрекидна подела може наћи у најразличитијим облицима у природи, али и у уметничким и архитектонским творевинама антике, Злоковић је настојао да своја истраживања поткрепи математичким доказима и тако укаже на далекосежни значај златног пресека у области архитектонске композиције. Геометријском анализом два дела из области примењене уметности – позлаћеног сребрног крста из саборне ризнице у Серезу (XVII век) и дрвених врата из Цркве Светог Николе у Охриду – показао је присуство компоновања по принципу златне поделе на подручју Балканског полуострва и закључио да „*ни кроз векове нису сасвим заборављене античке методе компоновања*“ (Злоковић 1955b, 80). У прошлости је свака композиција неизоставно била заснована на мери и броју. Злоковић је сматрао да је Фибоначијев низ (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13...) извесно био познат, али и хармонијске размере које се могу склопити из првих шест чланова Фибоначијевог низа (1/1, 2/1, 3/2, 5/3, 8/5). На тај начин, истакао је уску сродност система хармонијских размера (музичке аналогije) и система Фибоначијевих бројева (F), односно златног пресека (Ф) или непрекидне поделе (Zloković 1954, 1003).

Како би даље поткрепио тврдњу о интуитивној примени златног пресека у архитектонској композицији, Злоковић је анализирао и веома утицајно дело *Regola delli cinque ordini* Ђакома Бароџија да Вињоле, из 1562. године, у којем је овај чувени ренесансни теоретичар архитектуре настојао да утврди најприкладније пропорције за класичне редове. Злоковић је за Вињолу писао да је „*теоретичар који је првенствено као уметник – емпиричким путем и на интуитиван начин – успео да саобрази свој систем модуларних бројева на скоро беспрекоран начин недовољно објашњеном принципу непрекидне поделе или поделе по златном пресеку*“ (Злоковић 1956). Треба имати у виду да се модернистички покрет, чији је покретач у нашим крајевима био Злоковић као део Групе архитеката модерног правца, противио свему ономе о чему је Вињола писао – од примене орнамената до стилских редова. Међутим, утврђивање да се и стилски редови заснивају на пропорцији златног пресека

обезбедило је оправдање за њихово напуштање у савременој архитектури, али уз задржавање, сада свесне примене златног пресека који ће обезбедити подједнако добар естетски ефекат (Mitrović n.d.).

Своје метролошке и пропорцијске анализе Злоковић је сматрао од значаја не само за истраживаче културног наслеђа већ и за савремене ствараоце, *„којима изношење заборављених или занемарених метода прошлости може бити од не мале користи приликом изналажења целисходнијег и динамичнијег композицијског поступка у данас толико разгранатој области архитектуре и грађевинарства“* (Злоковић 1955а, 210). После Другог светског рата Европа је вапила за брзим развојем грађевинске индустрије како би се што брже изградио потребни стамбени фонд. За то је било неопходно усагласити националне и међународне стандарде у грађевинарству, односно одредити пројектни модул. Индустријализација производње могла је да се постигне искључиво усвајањем модуларног система као основе за стандардизацију грађевинских елемената²⁶. Године 1959. на састанку Техничког комитета Међународне организације за стандардизацију у Паризу представници 37 земаља једногласно су прихватили модул од 10 cm тј. 4“ као стандардни грађевински модул. Злоковић је сматрао да ће *„величина грађевинског модула бити само онда правилно постављена ако буде у функционалној зависности (...) од такве јединице чија ће се величина смишљено заснивати на мерама човека, односно да се она ни у ком случају не поистовећује са апстрактном метарском јединицом“* (Пурић-Зафироски 2001, 135). Антропоморфне системе мера прошлих градитељских епоха Злоковић је сматрао значајно *„погоднијим у руковању и деоби“*, те тако *„јединим прихватљивим за разлику од вештачки створеног метарског система“*²⁷ (Злоковић 1955а, 183).

Након исцрпног истраживачког рада, Злоковић је увидео да наука о пропорцијама не припада само прошлим временима, већ да чини здраву

²⁶ Доминантни системи тог времена били су Нојфертов *Октаметарсистем* из 1943. године и Ле Корбизијеов *Модулар* из 1948. године.

²⁷ Метар је мерна јединица која износи 10000000-ти део Земљиног обима.

основу за нове научне доприносе. Критиковао је архитекте свог доба да олако претпостављају да се „та законитост заснива искључиво на уметничкој интуицији и да је смисао за пропорције или за само добре односе нешто што је урођено, нешто што се не може и не сме савладати разумом“ (Злоковић 1955b, 82). Стога је настојао да математички докаже да системи пропорција нису превазиђена тема и да су као одраз хармоније независни од стила и градитељске епохе.²⁸ У прилог идеји о постојању рационалних естетских мерила у архитектонској композицији говоре и његове анализе пропорцијских принципа балканске градитељске традиције, Блонделове капије Св. Дени и Вињолиних стилских редова. Злоковић је посебно истицао да се анализирана архитектонска решења уклапају у пропорцијски дијаграм и у случајевима када се аутор приликом пројектовања извесно ослањао само на своју интуицију. Кроз своје радове о модуларној координацији²⁹ (1955–1960) Злоковић је испитивао и коначно закључио да је геометријска пропорција у савременој композицији потпуно оправдана са естетског и функционалног становишта, јер не ограничава уметничке слободе већ представља нужни алат савременог архитекте, те је неодвојив део процеса пројектовања (Zloković 1954).

„Примена ових композицијских метода [заснованих на реципрочној залаганости хармонијских размера] сужава у извесној мери број могућих комбинација али њихов број, с друге стране, остаје још увек толико велик да се избор једне од њих ни у ком случају неће претворити у механичку радњу и тиме довести у питање принцип слободног стваралаштва.“ (Zloković 1954)

²⁸ Ученици и следбеници учења о пропорцијама Милана Злоковића били су Слободан Васиљевић, Бранислав Миленковић, Војислав Кораћ, Невенка Петровић Спремо, Милка Чанак Медић, Ђорђе Петровић и Тине Курент.

²⁹ Модуларна координација представља димензионално усаглашавање помоћу одређеног јединичног модула и стандардизацију грађевинских елемената, као нужног услова за индустријску производњу (Milenković 1977, 21).

3.0 ИСТОРИЈА РАЗУМЕВАЊА ОДЛИКА ЗВУКА И ЊЕГОВЕ ПОВЕЗАНОСТИ СА АРХИТЕКТУРОМ

„Једнако дакле и истородно није уопће требало хармоније, али неједнако и разнородно и неједнако поредано мора бити обухваћено таквом хармонијом у каквој може стајати скупа у једном систему свијета.“ Филолај (фр. 6, Diels 1983а, 359)

Током акустичке прошлости европске културе, постављана су питања о звуку: шта га и како производи, како се креће, на који начин га човек опажа и тумачи, и слично. Ова питања изучавана су у оквирима различитих области, што говори у прилог томе да су савремена ограничавања научних дисциплина најчешће само границе у умовима научника (Hunt 1992, 5). У овом поглављу хронолошки је представљен развој токова научног мишљења о разумевању стварања, кретања и опажања звука, који је такође утицао и на архитектонску теорију и праксу. У том циљу, полази се од предсократовских филозофа и питагорејског заснивања науке о звуку. С обзиром да су се каснији истраживачи звука, као и теоретичари архитектуре у значајној мери позивали на питагорејску науку, овде је пажња посвећена математичкој основи која је подупирала питагорејску поставку музичке теорије (поглавље 3.1). Затим се преко *тихог* периода раног хришћанства и средњег века (поглавље 3.2), које је захваљујући богатој преводилачкој активности арапског света баштинило античка сазнања о звуку, долази до периода ренесансе када су се *цинови на раменима* *цинова* винули у непознате висине спознаје одлика звука и његовог односа са архитектуром (поглавље 3.3). У овом периоду дошло је, условно речено, до синтезе архитектонско-акустичког пројектовања, која се заснивала на музичкој аналогiji, односно теорији пропорција утемељеној на питагорејско-платонистичкој теорији бројева и музичким интервалима (поглавље 3.4). Коначно, развој науке о звуку убрзао се у савременом добу, када је дошло до првог квантификовања субјективних доживљаја звука у простору и одређивања низа показатеља на основу којих је могуће поредити акустичка својства различитих простора. Стога је у последњој целини

(поглавље 3.5) приказано полазиште савремене акустичке науке у тумачењу односа звука и архитектуре.

3.1 Математичка основа питагорејско-платонистичке филозофије природе

3.1.1 Разматрања звука код предсократовских филозофа

Првим филозофом и зачетником геометрије у античкој Грчкој сматра се **Талес из Милета** (624–547. г. пре н. е.). Он је сматрао да природу треба тумачити из ње саме, као и да се природа отвара ономе ко зна о њој *мислити*. **Емпедокле** (490–430. г. пре н. е.), грађанин Аригента на Сицилији, сматрао је да је човек природа у природи, те је подржавао аналогију макрокосмоса и микрокосмоса. Сачувани фрагменти Емпедокла указују да је сматрао да слушна перцепција настаје деловањем звука изнутра, односно тако што глас покреће ваздух који удара у опну у уху и тако њишући је попут звона узрокује јеку. Ухо је сматрао за звоно које подједнако одјекује и називао га је месната грана (Diels 1983a, 281 B99).

Разлучивањем чулних опажања и научног расуђивања, такође се бавио **Зенон из Елеје** (490–430. г. пре н. е.). Користећи мисаони експеримент, кроз своје парадоксе кретања показао је да кретање не постоји, јер оно што се помера мора најпре доћи до половине свог пута, као и да стрела заправо стоји, јер увек је садашњи тренутак. Зенон је употпунио питагорејско откриће *ирационалности* простора, при чему је намеравао да покаже да оно што чулима опажамо не може да буде предмет једног неконтрадикторног дискурса, односно да дискурзивна *истина* није исто што и *мишљење* чула (Prete 2002a). Тако је такође извео доказ везан и за звук. Наиме, Зенон је упитао софисту Протагору да ли једно зрно проса или пак десетхиљадити део зрна проса производи звук када падне. Добивши одречан одговор, упитао је даље: „А медимно проса, производи ли он звук при паду или не?“. Протагора је потврдио да медимно проса производи звук при паду, након чега је Зенон извео свој доказ рекавши: „Но добро, а зар не постоје и међу звуковима исти

односи? Као што је са онима што производе звукове тако је и са звуковима. А ако је то тако, и ако медимно проса производи звук, онда ће звук производити и једно зрно и десетхиљадити део зрна проса (Diels 1983а, 227).“

Хераклит је говорио да су очи поузданији сведок од ушију (Diels 1983а, фр. 101а), али да ни очи ни уши не значе много људима *који имају варварске душе* (фр. 107). Поред физичких објашњења опажања звука, антички филозофи увиђали су могућности његовог дубоког дејства на људско биће. Наредни фрагмент говори о Хераклитовом увиду у далекосежне моћи звука:

„Зар не видиш ... колику дражест имају Сапфине пјесме које усхићују и опчињају слушаоце. А Сибила³⁰, према Хераклиту, говорећи узбуђеним устима ненасмијано, некићено и без дражести богом опчињена продире гласом кроз тисуће година.“ (Diels 1983а, фр. 92)

Анаксагора из Клазомене (500–428. г. пре н. е.) представио је принцип дуализма, односно заснивања размишљања о односу духа и материје. Оно што би могло да употпуни слику о перцепцији производње, кретања и пријема звука, јесте да је он такође сматрао да се стварно кретање остварује као узрок кретања честица – оно се више не приписује митским законима већ прецизном деловању механичких сила: центрифугална и центрипетална сила испољавају се у кружним кретањима којима је Све оживотворено. Анаксагора је био први филозоф који је материји претпоставио ум. *„Све ствари бијаху заједно, затим дође ум и распореди их (фр. 17).“* Ум је почело кретања, односно начело уређења, узрок света и свег реда, а не случај ни нужност. По питању звука, Анаксагора је објашњавао да се током дана ваздух греје на сунцу, те стога *пишти и шкрипи*, а ноћу се услед недостатка топлоте смирује. Из тог разлога ноћ је погоднија за примање звукова од дана (Diels 1983b, 28). Поводом опажања звука, Анаксагора каже да *„звук продире до мозга, јер је кост која га окружује шупља и у њу упада звук“*, а човек не подноси прејаке звукове јер

³⁰ Сибила је позната пророчица и Аполонова свештеница, која је боравила у пећини близу града Куме, недалеко од Напуља. Лик Сибиле, поред лика Платона и Плутарха, осликан је у Цркви Богородице Љевишке у Призрену (почетак XIV века). О томе ће бити више речи у поглављу 5.0.

узрокују бол (Diels 1983b, 33-4). Сматрао је да глас и јака настају када се дах судари са чврстим ваздухом од кога се одбије и допре до ушију (Diels 1983b, 36).

Диоген из Синопје (412–323. г. пре. н. е.) сматрао је да *„до слушања долази када се ваздух у ушима, помакнут од оног споља, повеже са мозгом“*. Такође је говорио да најоштрије чују *„она жива бића чије су жиле танке“* и које имају орган слуха *„кратак, танак и равно пробушен, и осим тога имају усправно и велико ухо. Ваздух који се покреће у ушима покреће онај који је унутра. А ако су уши шире, при гibaњу зрака настаје одјек и нејасна бука због тога што звук не упада у ваздух који мирује* (Diels 1983b, 59-60).“ Дакле, за звучне ефекте у антици нису се сматрале одговорним само одлике простора у којима се звук производи, већ и анатомија слушног апарата која се разликовала у зависности од особе.

У теорији атомизма, **Леукипа** (V век пре н. е.) и **Демокрита** (460–370. г. пре н. е.), филозофија природе добила је свој најапстрактнији, али и најегзактнији облик. Тада је јасно дефинисан дуализам ума и материје, односно духа и тела. Леукип је истицао да се све преображава из једног у друго, као и да су основна почела пуноћа и празнина. За Демокрита простор је празнина одликована особинама геометријских предмета, при чему је у спознаји простора логосу приписивао истину, а не чулима (Прети 2002, 38). Био је уверен да је време вечно, те да стога нема почетка. Са друге стране, заступао је мишљење да ништа не остаје увек у истом стању, односно да као такво ништа не може бити вечно (Diels 1983, 107). У фрагментима Демокрита налази се поређење вида и слуха, у примеру муње и грома. Иако муња и грмљавина настају истовремено, муњу опажа људско око у тренутку настанка, а грмљавина се чује са закашњењем или се уопште не опажа. Демокрит је објашњавао да до овог феномена долази *„зато што свјетлост удара у наш вид, а грмљавина допире до слуха јер он њу прима“*, а за разлику од вида који *„ствара слику предмета, слух дочекује глас попут посуде“*. Звук се уноси и тече у слух *„због чега и брже видимо него чујемо“*. Демокрит је тврдио да се звук враћа ка ономе ко га је испустио, јер звук заправо ствара отисак у ваздуху.

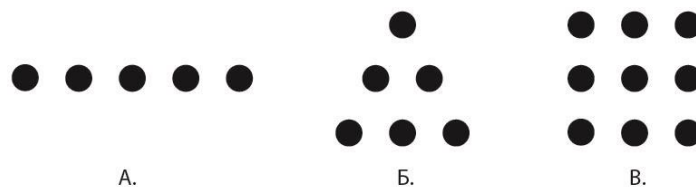
Објашњавао је да звук настаје од збијеног ваздуха „*који силом продире*“, затим ваздух упада у ушну шупљину и ставра кретање, а онда се унутра „*због своје брзине распршава*“. Иако на првом месту улази кроз уши, звук једнако улази кроз читаво тело и шири се преко слуха, као да чуло слуха не припада искључиво ушима него телу као целини. Демокрит је душу поистовећивао са телом (Diels 1983, 123-4), а звуку је придавао моћ да утиче на целокупно физичко тело, односно душу која директно прима и осећа звук из окружења. Из тог разлога, у антици је детаљно разматрано опажање и процењивана каквоћа звука.

3.1.2 Питагорејско заснивање науке о звуку

Прво промишљање и суштинско повезивање архитектуре и звука у антици, јавило се у учењима Питагоре (570–497. г. пре н. е.) и његових следбеника, која представљају прапочетке целокупне античке науке. Они су сматрали да чула не представљају адекватан критеријум за просуђивање света који нас окружује, већ да је законе природе могуће досегнути чистом мишљу. Тумачењу свих природних феномена приступали су као да је реч о чистим математичким манифестацијама. Кроз духовна промишљања математичких начела, Питагора је увео и проучавање односа целих бројева путем којих је објашњавао устројство космоса (Diels 1983a, 95).

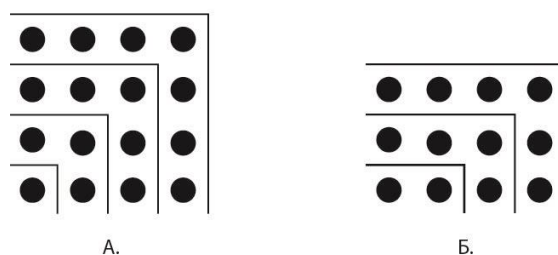
Питагорејци су бројеве представљали тачкама – свака тачка означавала је јединицу. Тачке постављене у одређеном обрасцу, чиниле су слику сваког од бројева. Овде је реч искључиво о целим бројевима, на којима се заснивала питагорејска математика, као и питагорејска теорија музике. Тачкасто представљени бројеви питагорејцима су омогућавали интуитивно разумевање многих математичких истина (Crocker 1963, 190). Сваки од целих бројева може се приказати линеарним низом тачака (Слика 8А). Почевши од броја 3, тачке могу бити постављене у троугао (Слика 8Б), од броја 4 у квадрат (Слика 8В), од броја 6 у правоугаоник, а од броја 8 у коцку. Цели бројеви који су могли да се представе производом два броја, називани су правоугаоним

бројевима (Слика 9Б), а они који су могле да се представе производом три броја називани су бројевима чврстог тела.



Слика 8: Питагорејско представљање бројева тачкама: А. линијски, Б. троугаоно и В. квадратно.
Извор: (Crocker 1963)

Генерисање низова бројева била је једна од најважнијих операција у питагорејској аритметици. Питагорејци су квадратне бројеве генерисали на следећи начин (Слика 9). Квадратни број 4 добијен је тако што се на полазну 1 додају три тачке пратећи линију преломљену под правим углом (Слика 9А). Да би се добио следећи квадратни број 9, на претходни квадратни број се додаје још 5 тачака, итд. Ове групе тачака које се додају Питагорејци су називали *гномон*. За квадратне бројеве *гномон* чини свој сопствени низ: 3, 5, 7, 9, 11, итд. Међутим, не мора се полазити само од јединице и квадратних бројева. Може се поћи од, на пример, броја два, на који се даље ређају гномони као на слици 9Б.



Слика 9: Питагорејско представљање квадратног и правоугаоног броја. Извор: (Crocker 1963)

Постоји само један низ квадратних бројева, али многи низови правоугаоних бројева. Како се повећава, правоугаони облик постаје све више налик квадрату. Правоугаони бројеви су такође означавали и одређену размеру кроз однос својих страница.

Питагорејска музичка теорија заснивала се на аритметичком методу, који је био поткрепљен здраворазумским, емпиријским доказима (Crocker 1963, 192). Истражујући односе тонова тј. музичке интервале, Питагора је закључио да их је могуће описати математички, кроз однос малих целих бројева.³¹ То је најстарија забележена музичко-научна чињеница (Johnston 2009, 4), која је представљала значајан корак у теорији музике и успоставила основ за развој науке о звуку. Према легенди, Питагору су различите висине тонова настале ударима чекића о наковањ у једној ковачкој радионици поред које је пролазио, навеле на помисао да су добијени звуци у тачним музичким интервалима. Када је сазнао да су тежине чекића различите, запитао се има ли то везе са вишином звука који производе ударцима о наковањ. Питагора је отпочео експерименте на монокорду³² и лири. Успоставио је везу висине тона и дужине жице која тај тон производи: што је жица краћа, тон који настаје њеним окидањем је виши, и обрнуто. Другим речима, установио је инверзну пропорционалност између висине тона и дужине вибрирајуће струне која тај тон производи.

Питагорејци су разумели да су брзина вибрација и величина тела које производи звук музички фактори који су одређени бројем. Сматрали су да звук настаје окидањем жице при чему долази до вибрација ваздуха, које даље региструје ухо. Питагорејци су заснивали музичке теореме директно на аритметици, бавећи се, при томе, само оним музичким интервалима који су се могли изразити као однос, посебно малих, целих бројева. Такав аритметички метод потврђиван је емпиријски. О томе су касније писали Никомах из Герасе (I век), Теон из Смирне (II век) и Јамблих (III–IV век) (Crocker 1963, 192).

Све музичке културе заснивале су своје скале на октави. У античкој Грчкој октава је називана *diapason*, што у преводу значи „кроз све“ (Johnston

³¹ Тонове данас прихваћене темпероване скале, коју чине 12 полутонова, не могу се представити односом целих бројева. О темперовању тонске лествице биће више речи у поглављу 3.1.4.

³² Монокорд је музички инструмент који има једну жицу разапету између два ослоња на шупљој звучној кутији. Затегнутост жице може се подешавати навртњем. Заустављањем покретне кобилице на различитим тачкама омогућава се да само део окинуге жице вибрира.

2009, 2), сугеришући да се кретањем од тонике до октаве пролази кроз све могуће тонове док се поново не досегне почетни. Октави одговара однос 1:2, што значи да два тона – тон који се добије окидањем слободне жице на монокорду и тон који се добије када се иста та жица притисне на половини дужине и окине један од делова жице – дају интервал октаве. У музици овај однос има јединствену аудиторну снагу. Тоновима октаве много су сличнији људском уху него што је исти однос нашем оку (Crocker 1963, 196). „...и ухо [је] начињено на такав начин да савршено одговара хармонији октаве и да [га] све што није сукладно тој хармонији вријеђа (Genette 1985, 117).“ Октава је фундаментални музички интервал, „савршена консонанца“ која као ниједна друга у човеку изазива исти квалитет осета (Чанак 2009, 11). Октава, као и прима, има извесну привлачну снагу. Јачина тог гравитационог дејства расподељена је између приме и октаве у зависности од кретања по тоновима који се налазе између њих. Наиме, крећући се по тоновима лествице од приме ка октави привлачна снага приме слаби, а истовремено привлачно дејство октаве јача (Чанак 2009, 43). Ипак, задивљујуће је како људско биће уочава ту „различитост у истости“ тонова октаве. „Онога часа када је она (Природа) узела размјер октаве за правило склада у Свијету у којем се налазимо, тај се склад мора налазити посвуда; уместо што се чудимо што га препознајемо (...) морало би нам бити много чудније, напротив, када тог склада не би било... (Genette 1985, 117).“

Од самог заснивања музичке, односно акустичке теорије, вођене су полемике о томе које музичке интервале ваља сматрати консонантним односно дисонантним. За питагорејце интервали су консонантни јер су пријатни за ухо и њихови односи су једноставни. Питагорејци су музичке интервале класификовали према шест типова разломака (Табела 1), што је такође указивало и на квалитете рационалних интервала. Захваљујући овој подели, музички интервали су систематизовани јасно и једноставно, а ипак је указано на разноликост њиховог звука. Тако, октава и декада спадају у умножене разломке, а квинта (diapente) и кварта (diatesseron) у епиморе. Овако представљени музички интервали даље су комбиновани аритметичким

операцијама. Да би се сложила два интервала треба помножити њихове разломке. Тако су питагорејци увидели да квинта (2:3) и кварта (3:4) дају октаву (1:2), што се такође може изразити као низ 2:3:4. Интервали кварте и квинте лако се могу сабрати, јер су њихови разломци континуирани тј. имају заједнички број, али када то није случај – рецимо збир кварте (3:4) и целог тона (8:9), онда се мора наћи заједнички члан – разломак 3:4 ће постати 6:8 и добиће се низ 6:8:9. Тако ће кварта и цео тон дати однос 6:9, односно 2:3, што је интервал квинте.

Табела 1: Шест типова разломака према питагорејском учењу

	Назив разломка	Општи облик	Примери
1.	ЈЕДНАКИ	$n : n$	1:1, 2:2, 3:3 ...
2.	УМНОЖЕНИ	$n : xn$	1:2, 1:3, 1:4 ...
3.	ЕПИМОРИ	$n : (n + 1)$	2:3, 3:4, 4:5 ...
4.	УМНОЖЕНИ ЕПИМОРИ	$n : (xn + 1)$	2:5, 3:7, 4:9...2:7, 3:10 ...
5.	ЕПИМЕРИ	$n : (n + m), m > 1, x > 1$	3:5, 4:7, 5:7, 5:8, 5:9 ...
6.	УМНОЖЕНИ ЕПИМЕРИ	$n : (xn + m), m > 1, x > 1$	3:8, 4:11, 4:15, 5:14 ...

Извор: (Crocker 1963)

Међутим, разумевање музичких интервала разликовало се по генерацијама. Тако су, на пример, рани питагорејци ограничили број консонанци јер су придавали изузетан значај односима малих целих бројева, као што су октава (1:2), двострука октава (1:4), квинта (2:3) и кварта (3:4). Једна од најубедљивијих чињеница на које се ослањала питагорејска аритметика јесте изванредно богатство односа на почетку низа целих бројева. Поред тога, рани питагорејци су значај придавали елеганцији решења, односно једноставности првобитног принципа. С тим у вези, опазили су да збир прва четири броја низа целих бројева даје број 10 – тетраду – окосноцу читаве питагорејске математике. За разлику од њих, каснија генерација питагорејаца проширила је класификацију консонантних музичких интервала, прихвативши епиморе чак и веће од 3:4. Основни аритметички аргумент био је да уколико су епимори на почетку низа консонантни, зашто би низ наједном постао дисонантан после 4, 5 или броја x . Међутим, што су епимори сложенији, теже је опазити њихове консонантне одлике, јер су све

ближи дисонантним „комшијама“ у окружењу (Crocker 1963, 193), што је графички лако уочљиво када се прикажу као, претходно поменути, правоугаони бројеви. Ово је касније критиковао Птоломеј сматрајући да међу консонантне интервале свакако треба уврстити и оне који се добијају поделом струне на пет делова, односно интервал велике терце 4:5 и велике сексте 3:5. Али тек са појавом полифоније, која је на Западу почела снажније да се развија од XII века, постепено су настајале промене у хармонији, а терце и сексте су почеле да се прихватају као консонантни интервали (Johnston 2009, 12-18).

Питагорејци су се даље бавили идеалном поделом октаве. Тонски систем подразумева целокупни опсег тонова, уређен према акустичким или естетским принципима, који су коришћени у једном историјском периоду развоја музике. У домену одређеног тонског система обликују се тонске лествице које представљају „једносмеран и постепен низ тонова у распону октаве“ (Чанак 2009, 38). Када се пође од континуалног низа квинти, која стоји у односу 2:3, уочава се да је разлика између две квинте и једне октаве однос 8:9, што представља цели тон. На основу целог тона питагорејци су извели све тонове скале (Табела 2). Такође су уочили да разлика четири квинте и две октаве даје однос 64:81, што је дупло од 8:9 и представља интервал терце. Ове мале разлике питагорејци су називали комама³³, при чему се **питагорејском комом** назива разлика која се јавља између 12 узастопних квинтих скокова и 7 узастопних октавних скокова.³⁴

$$(3:2)^{12} : 2^7 = 3^{12} : 2^{19} = 531441 : 524288 = 74 : 73 = 1,0136986$$

Уочивши појаву тзв. питагорејске коме, постало је јасно да мора постојати други начин за поделу октаве. Рани питагорејци нису конструисали своје тонске лествице према квинтном кругу, већ су поделу октаве добили

³³ У фрагментима код Филолаја налази се и додатно објашњење малих интервала попут коме: „*Diesis* је интервал за два тона мањи од четвортрећинске пропорције. *Komma* је пак интервал за две дијезе мањи од деветоосминске пропорције, тј. за два мала полутона. *Shizma* је половица коме, а *diashizma* половица дијезе, тј. малог полутона (Diels 1983а, 359).“

³⁴ Гика објашњава *питагорејску кому* као разлику између снижене ноте из једне лествице и повишене ноте из претходне лествице, односно разлику између хроматског и дијатонског полу-тона (Gika 1987, 207).

пројектовањем целог тона 8:9 у кварту³⁵. Уочили су да се интервал 8:9 јавља као разлика две квинте и октаве, односно октаве и две кварте или пак квинте и кварте. Тако је интервал 8:9 постао јединица скале, цели тон, према коме је даље пројектована скала. Уочено је да кварта садржи два цела тона и још мало преко, што је названо *limma* или подсетник (243/256). Октава садржи две кварте, значи четири цела тона и две *limme*. Оваква подела октаве једина је коришћена у средњем веку делом зато што ју је било лако демонстрирати на монокорду, а делом зато што је имала теоријску предност пошто је изграђена на четири најједноставнија цела броја (Crocker 1963, 196-7).

Табела 2: Питагорејска тонска лествица

ТОНОВИ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
БР. ОДОСИ								
ДУЖИНЕ	1	8/9	64/81	3/4	2/3	16/27	128/243	1/2
СТРУНЕ								
ИЗМЕЋУ								
ТОНОВА	8/9	8/9	243/256	8/9	8/9	8/9	8/9	243/256

Извор: (Чанак 2009)

Тонски систем античке Грчке полази од интервала кварте (грч. *diatessaron*), који када се подели на три подинтервала, односно попуни са још два тона даје тетракорд – групу од четири тона. Тетракорди су модули од којих је могуће градити комплексније лествичне и хармонске структуре. Они су основа за разумевање највећег дела музике света. Тонску лествицу чине два узастопна тетракорда. Четири ноте, или жице, тетракорда називане су *hypate*, *parhypate*, *lichanos* и *messe*, и то од целог тона ка кварта. Тонове следећег тетракорда који гради лествицу до октаве називани су *paramese*, *trite*, *paranetem* и *nete* (Chalmers 1993, 4).

³⁵ Матила Гика наводи да је „питагорејска дијатонска лествица“ основа савремених западних лествица и да је извођена на основу интервала квинте или пак уметањем два тона у интервал кварте (Gika 1987, 201-4).

Табела 3: Подела тетракорда у античкој Грчкој

НАЗИВ ТЕТРАКОРДА	ПОДЕЛА ТЕТРАКОРДА	Mese	Lichanos	Parhypate	Нурате
ДИЈАТОНСКИ	1 полутон + 2 цела тона	1	8:9	7:8	27:28
ХРОМАТСКИ	1 прекомерна секунда + 2 полутона	1	27:32	224:243	27:28
ХАРМОНИЈСКИ	1 недељива велика терца + 2 четврт-тона	1	4:5	35:36	27:28

Извор: (Diels 1983a; Crocker 1964; Чанак 2009)

У зависности од распореда тонова у самом тетракорду, разликују се три основне тонске скале: (1) дијатонска, (2) хроматска и (3) хармонијска (Chalmers 1993, 4). Сматра се да дијатонска лествица води порекло од Сумера, да су је познавали у Вавилону током другог миленијума пре н. е., а да ју је у античку Грчку коначно пренео Питагора, захваљујући свом образовању у Египту (Chalmers 1993, 5). Из тог разлога, од антике до данашњих дана дијатонска лествица најчешће се повезује са именом Питагоре (Chalmers 1993, 9). Она је заснована на интервалу терце, којој одговара однос 4:5, као и на познатим интервалима целог тона, чисте кварте и чисте квинте³⁶. За дурски трозвук (на пример, I-II-V) код дијатонске лествице добија се однос 4:5:6, а код питагорејске је овај однос сложенији 64:81:96 (Чанак 2009, 42).

Табела 4: Дијатонска лествица

ТОНОВИ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
БР. ОДОСИ								
ДУЖИНЕ	1	8:9	4:5	3:4	2:3	3:5	8:15	1:2
СТРУНЕ								
ИЗМЕЋУ ТОНОВА	8:9	9:10	15:16	8:9	9:10	8:9	15:16	

Извор: (Чанак 2009)

³⁶ Код дијатонског тетракорда разликују се три тонске врсте, у зависности од положаја полутона: (1) дорска (a, g, f, e), (2) фригијска (g, f, e, d) и (3) лидијска (f, e, d, c) (Чанак 2009).

Најзначајнијим питагорејским теоретичарем музике сматра се **Архита из Таранта** (428–347. г. пре н. е.), који је, према Аристотелу, био ученик Филолајев. Свој највећи допринос дао је у области музике (Diels 1983a, 375), при чему је успоставио уравнотежен однос у бављењу и теоријом и праксом (Crocker 1964, 333). Такође су сматрали да се однос интервала налази у бројевима, а да се такви односи састоје у кретањима – брзо кретање даје висок тон, јер уједначено удара и хитро потискује ваздух, а споро кретање даје дубок тон, јер је тромије (Diels 1983a, 378), при чему у интервалима ухо разабера само један звук (Diels 1983a, 377). Ово је прво конципирање фреквенција, односно треперења, које говори о квантитативном разумевању односа фреквенција и висина тона (Hunt 1992).

„...као што ни у посуде са уским грлом кад неко много у њих улева не може ништа улити. Од звукова који допру до нашег слуха они нам се који од места судара брзо и снажно до нас допру чине високи, а они који допру споро и слабо чине нам се дубоки. Ако наиме неко узме шибу и помиче је полако и слабо, произвест ће ударцем дубок звук, а ако је покреће брзо и снажно произвест ће висок звук. Користимо слаб дах када хоћемо тихо и дубоко говорити, а гласови који се производе јаким дахом звучаће јако и високо. Виши звук због јачег притиска. Брзо гивање чини звук високим, а дубоки се гивају спорије.“ (Diels 1983a, 380)

Архита је био први теоретичар који је дао бројевне односе за сва три рода (Табела 3). Настојао је да задржи пропорције у подели тетракорда, јер је сматрао да је симетрија интервала у самој природи хармоније (Diels 1983a, 376-8). Такође је користио епиморе где год је могао (8:9, 4:5, 7:8 и 27:28). Ипак, сматра се да је користио принципе да објасни звук, а не звук да изрази принципе, те се његова сложена аритметика оправдава као последица његовог бављења музичком праксом (Crocker 1964, 333).

Архита је спознао да музичке интервале, осим дупле октаве 1 : 4, није могуће поделити на два једнака дела, јер би то значило да треба задовољити

пропорције као што су $2 : x = x : 1$, $3 : x = x : 2$ или $4 : x = x : 3$. Архитин доказ да се суперпартикуларна пропорција не може поделити на једнаке делове уметањем средњег броја (Diels 1983a, 378), своди се на следеће: ако би постојао интервал $\frac{b}{a}$ који дели интервал $\frac{n+1}{n}$ на једнаке делове, тада би важило да је $\frac{b}{a} \times \frac{b}{a} = \frac{n+1}{n}$, односно $\frac{b^2}{a^2} = \frac{n+1}{n}$. С обзиром да су a^2 и b^2 квадратни бројеви, и то на начин како су их схватали питагорејци, они не могу да буду у суперпартикуларном односу. Заправо, једини интервали који се могу поделити на два једнака дела су они који се могу представити количником квадратних бројева. То је случај, на пример, са питагорејском терцом за коју важи однос $\frac{81}{64}$, што је $(\frac{9}{8})^2$. Овај Архитин доказ ирационалности бројева облика $\sqrt{\frac{n+1}{n}}$ касније је преузео Еуклид, који је у свом делу *Sectio Canonis*, у коме се бавио математичком основом музике, такође доказао и ирационалност бројева облика $\sqrt[m]{\frac{n+1}{n}}$ (Sofijanić 2011, 40).

Питагорејци су у оквиру музичке теорије увели и појам средине. Најстарији описи могу се наћи код Архите из Таранта у сачуваним фрагментима његовог дела *О музици* (фр. В2):

„Постоје три средње пропорционале у гласби: једна је аритметичка, друга геометријска, а трећа подсупротна, коју зову хармонијска. Аритметичка је средина када три бројна појма показују једнаку узастопну разлику: колико први надвисује други, толико други надвисује трећи [3:2:1]. Код те аналогije догађа се то да је однос међу већим бројним појмовима мањи [2:3 = квинта], а међу мањима већи [1:2 = октава]. Геометријска је средина када се први бројни појам односи према другом као други према трећему [4:2:1]. Код њих већи имају исти међусобни однос као мањи [4:2 = 2:1 = октава]. Подсупротна средина, коју зовемо хармонијска, јест онда кад се бројни појмови односе овако: за колики дио властите величине први појам надвисује други, за толики дио трећег средњи појам надвисује трећи [6:4:3]. Код те аналогije је однос између већих појмова већи

[4:6 = 2:3 = квинта], а између мањих мањи [4:3 = кварта].“ (Diels 1983, 381)

Другим речима, Архита је писао о аритметичкој средини $A_{(a,b)} = \frac{a+b}{2}$, затим геометријској средини $G_{(a,b)} = \sqrt{ab}$, и коначно инверзној или хармонијској средини $H_{(a,b)} = \frac{2ab}{a+b}$. Ови појмови ушли су такође и у теоријска разматрања и праксу примењених уметности и градитељства. Све три Архитине средине обухваћене су појмом хармонијских пропорција (Kiš Žuvela 2005). Помоћу аритметичке и хармонијске средине може се изградити дијатонска тонска лествица.

$A_{(1,1/2)} = (1 + 1/2)/2 = 3/4$	- чиста кварта
$H_{(1,1/2)} = 2 \cdot 1 \cdot 1/2 / (1+1/2) = 2/3$	- чиста квинта
$H_{(3/4,3/5)} = 2 \cdot 3/4 \cdot 3/5 / (3/4 + 3/5) = 2/3$	- чиста квинта
$A_{(1,2/3)} = (1 + 2/3) / 2 = 5/6$	- мала терца
$H_{(1,2/3)} = 2 \cdot 1 \cdot 2/3 / (1 + 2/3) = 4/5$	- велика терца
$A_{(3/4,1/2)} = (3/4 + 1/2)/2 = 5/8$	- мала секста
$H_{(3/4,1/2)} = 2 \cdot 3/4 \cdot 1/2 / (3/4 + 1/2) = 3/5$	- велика секста
$H_{(1,4/5)} = 2 \cdot 1 \cdot 4/5 / (1 + 4/5) = 8/9$	- велика секунда

Под претпоставком да је доказано да октава не може да се подели на два једнака дела, Архитина намера била је да покаже да ниједна друга консонанца не може тако бити подељена, јер су све друге консонанце епимори. Музичке консонанце, осим дупле октаве, не могу се геометријски поделити због ирационалне природе резултата (Crocker 1964, 327). Геометријска средина хармонизује екстреме, док аритметичка и хармонијска заједно „хармонизују“ октаву—ово је кључна конструкција питагорејске музичке теорије. На пример, када се октава изрази као 6:12, може се поделити по аритметичкој средини, при чему се добија $A_{(6,12)} = 9$, и по хармонијској средини при чему се добија $H_{(6,12)} = 8$. Овде се може уочити да једна подела представља обрнуту другу поделу, односно да подела по аритметичкој средини 6:9:12 даје квинту (2:3) и кварту (3:4), а подела по хармонијској средини 6:8:12 даје кварту (3:4) и квинту (2:3) (Crocker 1964, 329).

„Када су уочили да три висине у аритметичкој прогресији не производе оптималну поделу октаве, конструисали су прогресију која би дала жељену поделу, а затим су је назвали „хармонијском“ како су сматрали да заслужује.“ (Crocker 1963, 334)

Струне чије дужине стоје у односу 2:3, производе фреквенције у односу 3:2. Односно, дужина струна у аритметичкој прогресији 2:3:4, производи фреквенције које стоје у хармонијској прогресији 3:4:6. То важи и у обрнутом смеру: ако су дужине струна у хармонијском односу, онда су њихове фреквенције у аритметичком. Оно што заправо запажамо чулом слуха јесу фреквенције. Тако, фреквенције велике терце стоје у аритметичкој прогресији 4:5:6, док дужине струна које их производе чине хармонијски низ 10:12:15. Када је уочен овај резултат, настојало се да се развијају математички поступци којима би се превазишле *ове потешкоће* (Crocker 1964, 334).

3.1.3 Музичко-математичко устројство Платоновог космоса

Овим истраживањима математичких односа код музичких интервала Питагора и његови следбеници поставили су основе науке о звуку. Платон је у *Држави* писао да питагорејци *„више цене уши него ум“* и да се баве одређивањем *„који су бројеви хармонични, а који нису, и ради чега јесу хармонични или нису“* (Platon 1969, 531). Аритметичке законе које су питагорејци уочили у музичким односима тумачили су као одраз свеопште уређености космоса, односно сматрали су да се унутрашња скривена хармонија света открива свесном уму кроз математичке законитости. Са питагорејском математизацијом дошло је до сцијентификације схватања света, односно развоја научне мисли која је била нераздвојни део целовитог продуховљеног система разумевања космоса. То се дакако односило и на архитектонску теорију. Питагорејци су поставили основе музичке хармоније, аритметичке законе, хармонске пропорције, законитости златног пресека и модуларног пропорционисања. Другим речима, уочили су везе естетике и математике (Diels 1983a, 421). С обзиром да не постоје сачувани подаци о

пропорционисању грађевина све до Витрувијевог дела *Десет књига о архитектури*, методе и начела пропорционисања којима су се руководили антички градитељи познати су искључиво путем извора који говоре о развоју математичких знања (Петровић 1974, 34-6). Следећи питагорејску традицију, Платон је у дијалозима *Држава* и *Тимај* дао опис математичког устројства космоса, који је надаље имао значајан утицај на целокупну уметност античке Грчке.

Платон у дијалогу *Тимај* говори о космолошкој теорији, заснованој на јединственој геометријској методи и принципу музичке аналогије. Основ његове филозофије чини спознаја о математичкој, односно геометријској, заснованости устројства света. У *Тимају* он истиче да је највећи и једини прави уметник Демијург, чији је главни задатак да уреди хаос. Ткање космоса, његова невидљива структура, у својој основи је геометријска. У том процесу лепо и добро доведено је у везу – „*све што је добро лепо је а лепо не може бити несразмерно*“ (Platon 1981, 87c), као и њихова математичка заснованост.

„Кад су пак сразмере у питању, ми оне ситније разазнајемо и схватамо, док оне крупније и значајније беже нашем разуму. Јер за здравље и болест, за пороке и врлине ниједна сразмера односно несразмера није важнија од сразмерног односа душе према телу.“
(Platon 1981, 87d)

Платонова „велика теорија“ настојала је да премости јаз између когнитивног, уметничког и искуственог феномена. Он стално инсистира на принципу музичке аналогије у својим дијалозима, према којој се могу уредити математички објекти. *Демијург* ствара свет по узору на идеалне, математичке облике. Дела уметности и архитектуре такође треба да одсликавају овај принцип. Према Платону, мит, наука, уметност и све остало има заједничку математичку основу. „...*разликовање бројева један, два и три. Ја то кратко називам бројањем и рачунањем. Зар није тачно да свака уметност и наука морају имати везе са аритметиком* (Platon 1969, 22)?“ Свет је један и једнородан, видљив и опажљив. Космос је оживљен сопственом душом у

вечном кружном окретању. Два основна појма Платонове космологије су *Исто* и *Различно*, који се мешају са *Бићем*. Исто и Различно, преко којег доживљавамо чулни физички свет, представљени су савршеним кружним обликом „који је најсавршенији од свих ликова и који је сам себи једнак више од свих других ликова“ (Platon 1981, 33b). Сходно томе, космос је сферичан. Платон даље описује душу света и указује на њену питагорејску лествичну поделу:

„Помешавши их дакле, с бићем и начинивши од та три једно, опет је то цело поделио на одговарајући број делова тако да сваки од њих буде измешан од Истога, Различнога и бића. Ту је пак поделу започео на овај начин: најпре је од целог одузео један део (1), а затим део двострук од овог (2), и опет део који је три половине од другог а једнак првом утрострученом (3), па четврти део једнак другом удвострученом (4), пети једнак утрострученом трећем (9), шести једнак осам пута првом (8) и седми једнак двадесетиседам пута првом (27).

Затим је испуњавао двоструке и троструке интервале исецајући делове [од првобитне мешавине] и стављајући их између њих, тако да у сваком интервалу буду два посредна члана, при чему први превазилазе граничне бројеве, односно бивају од њих превазиђени једнаким делом тих бројева, а други их превазилазе оним истим бројем којим су и сами превазиђени. Пошто су тако, помоћу тих веза, унутар ранијих интервала настали интервали од $3/2$, $4/3$ и $9/8$, испунио је интервалом од $9/8$ све оне од $4/3$, оставивши у сваком од њих део, тако да тај преостали интервал има граничне бројеве који се међусобно односе као што се број 256 односи према броју 243. Тако је потрошио већ сву мешавину из које је исецао ове делове.“ (Platon 1981, 35a-c)

Платон износи питагорејске принципе, како би указао на вишу истину. Тако у *Тимају* није реч о опису музичке праксе већ о принципу природне

хармоније бројева. Према Платоновом опису и на основу њега изведеној табели 5, уочава се да је Платон као структуру душе света представио питагорејску поделу октаве.

У складу са питагорејским математичким принципима на којима се заснива филозофија природе, Платон је засновао свој систем аналогije на подели монаде са прва три цела броја и њиховим међусобним степеновањем. Тако је добијена Платонова ламбда или Платонов низ, изражена у седам бројева: 1, 2, 3, 4, 8, 9, 27 који обухватају „тајни ритам у макрокосмосу и микрокосмосу“ (Wittkower 1971, 104). Ламбду чине две геометријске прогресије: 1, 2, 4, 8 и 1, 3, 9, 27. У односима ових бројева садржани су сви односи музичких консонанци, али и нечујна музика сфера и структура ткања људске душе (Petrović 1974, 145). Ово показује да је Платон признавао аналогiju између темпоралних уметности, као што је музика, и просторних уметности, попут архитектуре, вајарства и сл.

Табела 5: Интервали питагорејске лествице који према Платону чине структуру "душе света"

Опис	Вредност	Аналогни музички интервал
„најпре је од целог одузео један део“	1:1	Тоника
„а затим део двострук од овог“	1:2	Октава
„и опет део који је три половине од другог а једнак првом утрострученом“	1:3 = 1 - 2:3	Чиста квинта
„на четврти део једнак другом удвострученом“	1:4 = 1 - 3:4	Чиста кварта
„пети једнак утрострученом трећем“	1:9 = 1 - 8:9	Цео тон
„шести једнак осам пута првом“	1:8 = 1:2 ³	Октава (трострука)
„седми једнак двадесетиседам пута првом“	1:27 = 1:3 ³	Четвртина тона

Извор: (Kandić & Milosavljević 2014)

„Али, два појединачна не могу се лепо саставити без трећег; у средини мора постојати нека веза да би се та два спојила. Најлепша би веза била она која би и себе саму и оно што спаја што више сјединила, а то природно на најлепши начин постиже сразмера. Јер, кад год се од ма која три броја, било да су то запремине или површине

први односи према средњем као што се средњи односи према последњем и обратно, последњи према средњем као средњи према првом, средњи поставши тада први и последњи, а последњи и први оба поставши средња, нужно ће произићи да је све исто, а поставши међусобно исто, све ће бити једно. Да је тело свемира требало да буде раван која нема никакву дубину, био би довољан један посредни члан да себе самог повеже са оним уз себе, али малочас смо дошли до тога да оно мора бити чврсто, а оно што је чврсто никад не спаја један посредни члан већ увек два.“ (Platon 1981, 31c-32b)

Платон овде говори о геометријској средини и дефинише далекосежну важност геометријске пропорције. Реч „спаја“ на крају пасуса може дословно бити преведена и као „хармонизује“, тако да се може рећи да овде говори о геометријској средини која „хармонизује“ екстреме, као што аритметичка и хармонијска средина „хармонизују“ октаву. Примена средина, како је претходно показано, била је кључна у питагорејској музичкој теорији (Crocker 1964, 330).

Платон у *Тимају* говори о звуку као о вези између материјалног света и душе, те објашњава звук као удар који изазива кретање:

„Претпоставимо, дакле, посматрајући уопштено, да је звук удар који се посредством ваздуха преноси кроз уши, мозак и крв све до душе, а да је овим изазвано кретање које почиње од главе а завршава се у пределу јетре, слух. Ако је то кретање брзо, оно даје – виши, ако је спорије – нижи звук. Равномерно кретање производи уједначен и благ звук, а оно супротно – храпав. Ако је кретање снажно, звук је јак, док је у супротном случају слаб...“ (Platon 1981, 67b)

Следећи одломак указује на то како је разумевана висина звука. Овде је важно истаћи да Платон не прави разлику између брзине вибрација тела коју производи звук и брзине кретања звука.

„... зашто нам се брзи звуци чине високим, а спори ниским, час нескладни у свом кретању – када су покрети које у нама изазивају неуједначени, час складни – када су уједначени. Јер они спорији звуци обухватају кретања (вибрације) претходних и бржих у тренутку кад ова већ јењавају и пошто су се брзином већ изједначили са кретањима који им спорији звуци касније предају када их достигну. Обухвативши их она их не ремете јер никаква нова кретања не уносе, него складно надовезују почетак споријег кретања на оно брже које већ престаје, смешавши високо и ниско у један јединствен утисак. И зато неукима пружају насладу а мудрима радост, будући да подражавају божанску хармонију отеловљујући је у смртним кретањима...” (Platon 1981, 80b, c)

3.1.4 Идеје о звуку након Платона

И у Аристотелово време још увек није била напуштена идеја да брзина звука зависи од његове висине. Међутим, уместо да се овим питањем позабави са становишта физике, **Аристотел** (384–322. год. пре н. е.) у свом делу *О души* расправља о истовремености чулног опажаја и постојању неопазивог времена: *„Да ли је пак, тачна или нетачна тврдња неких од проучавалаца сугласја да ти звуци не стижу до нас истовремено већ да то тако изгледа а остаје нам скривено уколико се то време не може опазити (Aristotel 2012, 448a/20).* Тек је **Теофраст из Ереса** (372–288. година пре н. е.), који је наследио Аристотела на челу перипатетичке школе, закључио да високи тон не може никако имати већу брзину од нижег тона, јер да је тако онај који слуша би га чуо пре, те тако не би било сагласја. Другим речима, уколико постоји сагласје тонова онда су брзине звука и вишег и нижег тона исте (Hunt 1992, 15).

Аристотелов концепт о звуку може се сматрати збуњујућим и недовољно јасним (Valleriani 2012, 4). У делу *О души* Аристотел се бавио својствима и моћима душе, коју је сматрао почелом свих живих бића. У другој и трећој књизи овог тротомног дела, Аристотел је расправљао о звуку и начину на који

га опажамо. Звук је одредио као „звук нечега у односу на нешто и у нечему, јер што га производи је ударац... звук звучи у односу на нешто, а ударца нема без кретања“ (Aristotel 2012, 419b/10). Такође истиче да се звук не ствара ударцем било чега у шта било, јер одређени материјали, попут вуне, не дају звук, већ то чини „бронза зато што је глатка, а удубљене ствари производе мноштво удараца након првог услед одбијања тог између зато што оно не може да изађе кад је покренуто“ (Aristotel 2012, 419b/16). Да би се звук чуо мора доћи до сударања како чврстих тела тако и ваздуха, при чему ваздух треба то да издржи, односно да се не распрши, „јер кретање тог што удара мора стићи то расипање ваздуха, као кад би нешто што се креће брзо ударило гомилу или ниску песка“ (Aristotel 2012, 419b/23). Тако Аристотел дефинише и јеку и увиђа да се звук различито одбија у зависности од материјала на који наиђе:

„Јека настаје онда кад посуда успева да ограничи и спречи ваздух да се распрши те је јединствен, а ваздух бива поново одгурнут, као лопта. Чини се да увек долази до јеке ... али не одбија се увек тако како се одбија од воде или бронзе или од неког другог глатког тела ... За празнину се с правом тврди да је главна код слуха, јер изгледа да је ваздух празан, а он је тај који проузрочује да се нешто чује уколико је окренут као непрекидан и јединствен. Но, до тога не долази услед тога што је он распршив, ако то у шта удара није глатко. У том случају он се услед те површине уједињује, јер површина тог што је глатко је јединствена.“ (Aristotel 2012, O duši 419b/26)

Чулом слуха опажа се онај звук који „може непрекидно да покреће јединствени ваздух све до слуха“ (Aristotel 2012, 420a/5), а сам ваздух не производи звук „зато што је лако распршив“ (Aristotel 2012, 420a/9). Аристотел још говори о томе да се звук може чути и у води, али поново посредством ваздуха. Он такође високе звуке назива оштрим, а дубоке тешким, при чему „оштро такорећи бode, а тупо гура, зато што једно покреће за кратко време, а друго за дуго, тако да је по прилучености једно брзо а друго споро“ (Aristotel 2012, 420a/30 - 420b). У вези са тим, каже да свака

претераност у висини или дубини оштећује слух, који је сам по себи, услед јединства са звуком, сугласје и сразмера (Aristotel 2012, 426a/28).

Аристоксен (350–300. година пре н. е.) је, као и Архита, потицао из грчке колоније Тарант у Италији. Био је Ксенофилов (питагорејска школа) и Аристотелов ученик, који је, верује се, написао преко 450 књига о музици, те је сматран најистакнутијим старогрчким ауторитетом за музику. Иако је још Питагора истраживао међузависност бројних односа и звучних сензација, овај дуализам убрзо је био превазиђен оставивши нумеролошки статус теорији музике (Hunt 1992, 28). Тек се Аристоксен вратио њеној првобитној двојној основи. Аристоксенова музичка теорија значајно се разликовала од питагорејско-аритметичке теорије. Сматрао је да је музика супротна аритметици која се заснива само на умним законима, већ да је увежбано ухо музичара довољно прецизно, те да оно представља крајњег судију, а не нумеричка прецизност интервала.

Аристоксен је дефинисао цео тон као разлику између два фундаментална интервала – чисте квинте и чисте кварте. Интервали мањи од кварте сматрани су дисонантним, али су ипак правили разлике у тонским лествицама које је познавао сваки музичар (Chalmers 1993, 18). Аристоксен је поделио тон на дванаест јединица³⁷, његов приступ био је геометријски.

Аристоксеново дело *Елементи хармоније* сматра се једним од најстаријих трактата музичке теорије, који је у антици и средњем веку имао значајан утицај на развој музичке теорије. Иако је музика старе Грчке била претежно монофонична, те није било преке потребе за једнаким темперовањем (Chalmers 1993, 20), Аристоксенов допринос теорији музике јесте управо идеја *темперовања* поделом чисте кварте на пет једнаких делова, која је заправо далека претеча Бахове замисли и савремене темперације (Кнежевић 2011, 20). Проблем темперовања скале веома је значајан у теорији музике. Темперовањем се настојало да се превазиђе, односно анулира

³⁷ Видети: Chalmers 1993, 17-23

такозвана питагорејска кома (Gika 1987, 207). Аристоксен се бавио проблемом модалитета и музичких лествица, који је захтевао практично решење зарад лакшег штимовања жичаних музичких инструмената. Он је увео два разломачка тона, која су оба мања од питагорејског полутона: (1) најмању хроматску дијезу – једну трећину тона, и (2) најмању енхроматску дијезу – једну четвртину тона.

Иако су у поглављу 3.2.3 детаљно обрађене архитектонско-акустичке смернице Марка Полија Витрувија које је изложио у свом делу *Десет књига о архитектури*, на овом месту ваљало би истаћи његово објашњење кретања звука. Витрувије се у потпуности ослањао на науку о хармонији насталу у античкој Грчкој, при чему се нарочито држао Аристоксенових ставова о музици и звуку уопште. За објашњење кретања звука често је у античко доба коришћена аналогија ширења кругова у води. Витрувије је проширио ову аналогију тако што је увео и вертикално кретање:

„Глас је текућа струја ваздуха коју уво осети додиром. Он се креће у безбројним круговима. Када, на пример, у мирну воду бацимо камен, настају безбројни кругови таласа који расту и шире се од средине што год могу даље, ако их не прекине ограничен простор, или не спречи друга препрека да стигну до краја. Када их препреке прекину, први се враћају и разбијају кружне линије оних иза себе. На тај начин се и глас креће у круговима, само што се таласи у води крећу површином у ширину, а глас иде напред и у ширину а постепено се диже и у висину.“ (Vitruvije 2000, 100)

Витрувије је такође указао на то да материјали мењају звук у зависности од топлоте. То је даље поредио са људима који живе у различитим крајевима света – иако су им тела по облику исте врсте и истог састава, једна због врућине дају *„оштар звука додиром ваздуха, друга због обилне влаге дају најдубље квалитете тонова“* (Vitruvije 2000, VI/123). О звуку је још писао у препорукама за пројектовање позоришта – одабир места, пропорционисање и

озвучавање системом металних звучника. Испитивањем ових препорука бавили су се истраживачи све до данашњег дана.³⁸

У првом веку пре н. е. у литератури се први пут наилази на, у прилично јасној мери дефинисан, концепт реверберације (Hunt 1992, 33). **Лукреције** (94 –55 година пре н. е.) је у четвртој књизи свог дела *De Rerum Natura* писао:

„Када више не постоји дуги пут за глас да пређе од почетка до краја .. свака од речи ... мора се неопходно јасно чути ... али уколико је међупростор дужи него што би требало, речи ... постају конфузне ... непрепознатљиве у значењу... тако збркан мора бити и глас када тако спутан стигне... Један глас ... одједном се распршује на мноштво гласова ... неке расуте наоколо без ефекта на ваздух: неке испрекидане због чврстих тела и одбијена назад ... обмањујући лик речи... У забитима, управо стене враћају речи ... тако су речи ношене од брда до брда, одјекујући. Распоређени гласови ... иако у зачетку као пламен ватре, често се распрше у посебне буктиње. Тако је цело место испуњено гласовима ... све унаоколо врви и комеша се са звуком... Све (оптичке) слике теже право напред једном кад се убрзају. Где нико не може да види иза зида иако може да чује звукове кроз њега. А ипак чак и глас пролазећи кроз зид куће је затупљен и нејасан када улази у ухо, те се чини да чујемо звуке пре него речи.“
(Lucretius 1872)

³⁸ О томе ће бити више речи у поглављу 3.2.3.

3.2 Тихо доба средњег века

„У почетку беше Реч, и Реч беше у Бога, и Бог беше Реч. Она беше у почетку у Бога. Све је кроз Њу постало, и без Ње ништа није постало што је постало. У Њој беше живот, и живот беше видело људима. И Видело се светли у тами, и тама Га не обузе.“ (Јеванђеље по Јовану 1:1-5)

Прво помињање звука у хришћанству налазимо на самом почетку Јовановог јеванђеља. Појам *реч* овде може имати вишеструка значења. Свакако означава нешто првотно, темељно, основно од чега је саздан свет. Може се тумачити и као исконски звук, основна вибрација која оживотворава све што постоји, али и осветљава пут људима у кретању ка спознаји Бога.

Појам раног хришћанства није временски строго одређен. Обично подразумева прва три века након Христа, а за крај раздобља узима се усвајање Миланског едикта 313. године или Први екуменски сабор у Никеји 325. године. Када је ширење хришћанства у III и IV веку узело маха, одржавање идеала чисте и продуховљене вере било је веома тешко услед доминантног паганског окружења. Стога су хришћански оци унутар својих заједница водили упорну борбу против паганских веровања и обичаја. Неизоставна улога музике у разузданим забавама античког света и у њиховим идолатријским обредима створила је једнодушну осуду. Сходно томе, неповратно су осуђени и музички инструменти, и то као беживотни, мртви, без душе.

Ипак, античка мисао даље се преносила кроз дело Светог Августина, епископа града Хипона у северној Африци, представника патристике и ранохришћанске филозофије. Приближивши се хришћанству преко Плотина (који никада није постао хришћанин), након одбацивања учења манихејизма које је прихватио у младости, Свети Августин је своју филозофију дубоко прожео Платоновом мишљу посредством неоплатонизма (Preti 2002a). Као највећи теолог раног хришћанства, пресудно је утицао на питање музике у

цркви. У његовом двоумљењу превагнули су аргументи у корист певања, јер је сматрао да оно може подстицати душу на побожност и божанско осећање, као и да је певање једна врста згодне варке, којом људи лакше упијају иначе теже прихватљив духовни садржај. Дакле, музика није ту да само узбуди чула, већ да побуди и побожна осећања.

*„Гласом певамо да пробудимо себе, срцем певамо да се свидимо њему (Богу).“*³⁹ Свети Августин (Kovačić 2012)

Својеврсни епилог ранохришћанских размишљања о музици представља *De Musica*, недовршени трактат Светог Августина, у коме аутор, размишљајући о бројчаним структурама чулних опажаја слуха, долази до закључка о спознаји Бога. Свети Августин је музику и архитектуру сматрао сестринским уметностима, јер су обе засноване на броју, том извору естетског савршенства (Kruft 1994, 36). За њега је музика наука о правој мери, те тако музичка теорија одражава космички поредак. Он закључује да се о мери може говорити само тамо где постоји одређено кретање, а да се човеку допада само правилно структурирано кретање. Тако се наука о музици одражава у рационалном истраживању звука, које пак треба довести до спознаје о бестелесној стварности. Зато је музика сматрана дисциплином умног, односно духовног карактера (Kovačić 2012).

*„Музика је уметност доброг кретања.“*⁴⁰

Свети Августин, *De Musica* (Reznikoff 2005)

Добро кретање је, према разумевању Светог Августина, оно које води божанском. Кретање звука одражава промену или кретање свести кроз различита стања, која коначно воде душу до вечне светлости божанског јединства (Reznikoff 2005).

Период средњег века такође је одликовало позивање на Библију и античке узоре, нарочито Платона и Аристотела, као и недостатак у

³⁹ У оригиналу: „*Voce cantamus ut nos excitemus, corde cantamus ut illi (Deo) placeamus.*“

⁴⁰ У оригиналу: „*Musica est ars bene movendi.*“

експерименталном проверавању чињеница. Самим тим, не постоји оригинални допринос истраживача раног средњег века. Главни извор знања о акустици био је питагорејски трактат *De institutione musica* који је крајем IV века написао Боетије (Anicius Manlius Severinus Boethius, 480–524 год.), последњи истраживач античке аритметичке традиције (Chalmers 1993, 13). Трактат говори о пореклу звука у механичком кретању, наводној вези брзине звука и његове висине, дефинише интервал на основу односа целих бројева, описује мерење интервала монокордом и пореди ширење звука у свим правцима са ширењем таласа на површини воде. Боетије је дефинисао звук као ваздушну струју чији ефекат остаје нерастворен док не досегне чуло слуха (Hunt 1992, 27):

„Хајде да говоримо о методу слуха. У случају звука нешто исте нарави настаје када бачени камен падне у бару или другу мирну воду... На исти начин, онда, када се ваздух ошине и произведе звук, он нагони ваздух до себе и на изванредан начин покреће заобљени талас ваздуха, и тако се разилази и истовремено удара у слух свих који стоје околу. А звук је мање чист ономе ко стоји даље јер је талас гоњеног ваздуха који долази до њега слабији.“ Боетије, *De Institutione Musica* (Hunt 1992, 27)

Током средњовековног периода Боетије је био веома истакнут учитељ уметности. Учврстио је и даље охрабрио преношење питагорејске идеје уметности која се заснивала на математици, а одбацивала непоузданост чула слуха (Baumann 1990). Број је читавао као квалитативну детерминацију Јединства, чији су даље аспекти двојство, тројство, итд. Кроз пропорцију и геометрију ово квалитативно јединство бројева постајало је очевидно (Burckhardt 2007, 74). Боетијево дело *De Musica* (прво штампано у Венецији 1491. године) имало је велики значај за доктрину бројева кроз цели средњи век и ренесансу.

„... нема сумње да је поредак наше душе и тела на неки начин повезан кроз односе целих бројева према којима ... склоп висина тонова, одговарајућих за мелодију, су удружени и уједињени.“

Боетије, *De Institutione Musica* (Arns & Crawford 1995, 118)

Пратећи ову мисао, Свети Бернард од Клервоа у делу *De Consideratione* писао је: *„Шта је Бог? Он је дужина, ширина, висина и дубина (Lawlor 1982).“*

У срењем веку дошло је до замаха преводилачке делатности арапског света, који је, за разлику од Запада, био много више заинтересован за експерименталне провере и практичне примене теоријских резултата. Ал Фараби (870–950) је писао: *„Потребна нам је наука која се бави променама у природи, показујући како су [такве промене] настале, омогућавајући нам тако да сузбијемо њихова штетна дејства када то желимо, или пак да их појачамо – наука акције и пасије.“* У свом трактату *Kitab ihṣā al-ʿulūm* (*De scientiis*, IX век) Ал Фараби је прецизно описао вибрацију еластичног тела: вибрација постепено обавија цело тело и наставља се чак и када нестане основни импулс. Такође је „признао“ велику и малу терцу као консонанте, које су дотад, према питагорејском учењу биле уврштене у дисонантне музичке интервале (Hunt 1992, 49).

Братство чистоће (*Ikhwan al-Safa*) основано је око 893. године као тајно друштво које се бавило питањима филозофије и природних наука. У трактату *Risala*, говори се о сферичном простирању звучних таласа: *„...таласно кретање у свим правцима ... као када се флаша шири док је дувач стакла испуњава ваздухом ... како се ова конфигурација проширује, њено кретање слаби и осцилује док не спласне и престане (Hunt 1992, 56).“* Од овог момента, ширење звука у свим правцима не пореди се више са таласима, већ са осцилирајућом лоптом која се постепено шири. Истраживачи Братства су међу првима одредили разлику између интензитета, висине и квалитета тона: *„Тоновима су јаки или слаби, брзи или спори, фини или пуни, тешки или лаки.“* Такође су разматрали и како се звук понаша у затвореним судовима:

„Чврсти, шупљи предмети као лонци, пехари или ћупови одзвањају веома дуго након ударца, јер се тон понавља у њиховој шупљини и судара се изнова док се не умири. Ове шупље посуде које су шире дају јачи тон јер гурају више ваздуха унутра и напоље.“ (Risala, 106 према Hunt 1992, 56)

Исламска наука досегла је свој врхунац у X веку. У том периоду истицала су се три филозофа природе: Ибн Ал-Хаитхам (965–1039), Ал-Бируни (973–1048) и Ибн Сина (980–1037). Иако од прве двојице нема сачуваних текстова о звуку, остварили су снажан утицај на остале гране науке. Од Ибн Сине (Авицена) остала су два дела од важности за историју акустике: (1) *Китаб ал-Схифа* – филозофска енциклопедија са делом о звуку и музици, и (2) *Китаб ал-Нафат* – у којој се бавио теоријом музике. Ибн Сина разматрао је серије консонаната облика $\frac{n+1}{n}$ (питагорејски епимор) и закључио да кад је $n = 33$ интервал постаје толико мали да два тона скоро исто звуче, а када је $n > 45$ ухо уопште не може да разликује та два тона. Ово је рани пример осмишљеног експеримента у акустичкој науци, којим је измерен диференцијални праг за промену висине тона. Овај резултат у сагласности је са савременим мерењима (Hunt 1992, 57-9).

Акустичка наука није много напредовала од времена Аристотела све до преводилачке делатности арапског света, која јој је омогућила процват у Европи XII и XIII века. Дobar познавалац грчке и арапске науке, те један од основних покретача за поновно рођење физичке науке на Западу био је Роберт Гросетест (1168–1253) (Hunt 1992, 65). Свој истраживачки рад заснивао је на индукцији, експериментима и математици. Објаснио је закон рефлексije звука и светла (познат још од Хера Александријског, II век пре н. е.) на основу закона о најкраћем путу. Гросетест је у свом делу *De generatione sonorum* дао описе трансверзалних и лонгитудиналних вибрација плоча и полуга:

„Екстензија прати ово кретање малих делова како се померају од неутралне позиције, екстензија ових делова по подужном правцу и контракција по трансверзалном правцу; а при повратку у

неутралну позицију са друге стране се догађа скраћивање подужне димензије и повећање трансверзалне димензије. И ово кретање ... које прати локално кретање потреса, јесте звук, или брзина по природи својствена звуку. А када се делови блока продрмају, они покрећу ваздух суседног блока на исти начин као свој, те покрет путује до ваздуха који се налази у ушима и ту ствара притисак на тело које није скривено од духа, и тако настје осећај чујења.“ (Hunt 1992, 66)

Током читавог средњег века само је неколико акустичких опсервација формулисано у закон: порекло звука, интервали и расподела звука. Роџер Бејкон (1214–1292), по позиву папе Клементa IV, сумирао је сво знање природних наука у *Opus Magnum*, *Opus Minus*, и *Opus Tertium*. У *Opus Magnum* Бејкон пише да истраживање природних наука треба искључиво да се ослања на експерименте, добро планиране и са одређеном апаратуром. У мање познатом делу *Opus Tertium*, Бејкон се бавио питањима звук, разматрајући истраживања Боетија, Никомаха и Аристотела (Hunt 1992, 67).

Сафи ал-Дин (умро 1294. године) био је последњи и један од највећих арапских теоретичара музике. У делу *Kitab al-Adwar* (Књига о музичким модалитетима) из 1252. године предложио је поделу октаве на 16 интервала, од којих је могуће формирати запањујуће велики број осмогонских лествица скоро потпуно усаглашених са интонацијом. Сафи ал-Дин такође је сматран учењакoм, пре Марина Мерсена и Галилео Галилеја, који је значајно допринео физичком разумевању звука још од времена антике. У делу *Risalat al-Sharafiyu* (Шарафајски трактат о музичким пропорцијама из 1267. године) дефинисао је музички тон као „звук за који је могуће измерити тежину или оштрину у односу на други звук са којим се пореди“. Ова дефиниција одговара и савременој терминологији. Коригујући Ал-Фарабија и ал-Дин је објаснио да је тачније да се каже да је звук *јачег интензитета* уместо *веће висине* када је ударац снажнији (Hunt 1992, 70).

3.3 Цинови на раменима цинова (1492–1789)

Од XIV до XVI века наставиле су да доминирају филозофије античких утемељивача, при чему се обнављало и продубљивало интересовање за истраживање природе, која је постепено постала циљ и образац уметности и науке. Сматра се да је обновљени платонизам био много плодотворнији за науку од перипатетичке школе, јер није уоквиравао научне доктрине у ригидан систем. Платонистичка метафизика заступала је став да *из космичке сфере природом управљају вечни, непроменљиви разлози, који представљају божанску мисао тј. логос*, а да човек треба да их открије путем претпоставки из емпиријских истраживања. Међутим, ни тада се није умногоме изашло из срењовековног наслеђа природне магије, односно уверења да у природи владају окултни узроци који се не могу свести ни на један уређен мисаони систем (Preti 2002b, 180-4).

Ипак, модерно доба, за које се формално узима да почиње 1453. године коју је обележио пад Цариграда, или 1492. године када је поново откривен амерички континент, донело је значајан и убрзан напредак у инжењерству. Човек је био постављен у центар природе, а применом технике имитирао је божанску свемоћ. Конструисани су и усавршавани часовници (Нирнбершка јаја), те је мерење времена постало прецизније и заузимало све заступљенију улогу у научним истраживањима (Preti 2002b).

У време ренесансе, науке су још увек називане уметностима, а сама уметност се чинила науком (Burckhardt 2007, 198). Са **Леонардом да Винчијем** (1452–1519) дошло је до првог конфузног наговештаја модерног концепта науке и окретања експериментима као активном истраживању. Он је сматрао да наука треба искључиво да се ослања на искуство и разум, јер *знање је ученица искуства*, а разум основни критеријум (Preti 2002b, 186). Последице ове методолошке промене при спознаји истине и стицању знања биле су далекосежне. Ренесанса је у корист дискурзивног резоновања одбацила интуицију, као и њено симболичко изражавање. Принцип најмањег

дејства најузвишенија је манифестација броја који је наслутио Питагора, а први формулисао Леонардо да Винчи у *Свескама*:

„Природа никада не крши свој сопствени закон (...) о неумитној нужности! Ти примораваш све последице да буду директни резултат својих узрока, а путем врховног и неопозивог закона свако природно дејство покорава ти се најкраћим поступком.“ Леонардо да Винчи (Gika 1987, 174-5)

Леонардо да Винчи је, као и антички Грци, сматрао да звук не може постојати без покрета или удара ваздуха, а удара ваздуха нема без покретача, а покретача нема без тела (Da Vinci 2011a, 20).

„Удар задат телу које је окачено и кадро да се креће, околни ваздух испуниће звуком удара онолико више колико је тело гушће и колико трпи ударац гушћег тела. Међутим, што је запремина околног ваздуха већа, то ће и звук који испуњава ваздух бити громкији.“ (Da Vinci 2011b, 354)

Франћино Гафурио (Franchinus Gaffurius, 1451–1522), ренесансни теоретичар музике, публиковао је неколико илустрација које су представљале музичку хармонију као геометрију преведену у звук. У делу *Theorica musicae* из 1492. године, Гафурио је представио четири илустрације Питагориног открића музичких консонаната, управо на начин како је описао Боетије у свом делу *De musica*. На слици 10 горња лева илустрација представља Тубалкајина, праоца ковача бакра и гвожђа, како предводи шесторицу ковача који кују гвожђе на наковњу. Следећа слика представља Питагору како удара о звона и чаше испуњене течностима до различитих висина. Доња лева слика приказује Питагору како окида жице које су затегнуте теговима различите тежине, а на слици до Питагора и Филолај испитују свирале различитих дужина. На свим илустрацијама бројеви 4, 6, 8, 9, 12, и 16 означавају објекте који производе звук – чекиће, звона, течност у чашама, тегове, дужину флаута. Ови бројеви обухватају распон од две октаве (Wittkower 1971, 124).



Слика 10: Илустрација акустичких експеримената у Гафуријевом делу *Theorica musicae*, 1492. година



Слика 11: Илустрација подучавања акустичке науке из Гафуријевог дела *De harmonia musicorum instrumentorum*, 1518. година

Гафурио је у делу *De harmonia musicorum instrumentorum* из 1518. године објавио још једну илустрацију која се тиче акустичке науке (Слика 11). Приказао је себе како подучава ученике, док су са његове леве стране три оргуљске цеви различитих дужина, означене бројевима 3, 4 и 6. Ова размера представља октаву која је подељена хармонијском средином 4 на кварту и квинту. Са десне стране учитеља осликане су три линије такође означене бројевима 3, 4 и 6 и један шестар. Ова илустрација такође приказује стару тезу да хармонија није резултат консонанце два тона, већ две неједнаке консонанце које су произашле из различитих пропорција (Wittkower 1971, 124). Из тог разлога је у свитку осликаном као да полази од Гафуријевих уста исписано: „*Harmonia est discordia concors*“ („Хармонија је складни несклад“). Из овога је јасно да је Гафурио усвојио Филолајеву питагорејску дефиницију да хармонија настаје само из супротности, сједињавајући тако много тога помешаног (Diels 1983a, 360, фр. 10).

Данас се сматра да су Гафуријеве илустрације доказ да питагорејско учење није експериментално проверавано током наредне две хиљаде година. Тек касније показано је да поједини представљени експерименти уопште не приказују оно што би требало: чекићи и звона која се налазе у односима представљеним на слици не дају назначене интервале, као ни струне оптерећене тежинама обележених тегова (Johnston 2009, 6). Ипак, могуће је да је намера илустрације била не да означи тежину тега, већ да покаже однос произведених тонова.

Френсис Бејкон Веруламски (Francis Bacon, 1561–1626), као *гласоноша нове науке*, класификовао је науке, дефинисао план и смисао човековог научног подухвата. Поред незаобилазне тежње ка досезању истине, са Бејконом се истиче и друштвени аспект развоја науке. Наука се сматрала *правом* уколико је била плодна делима, односно уколико је била *истинита*, а знању је придаван значај друштвеног задатка и дужности (Preti 2002a, 258).

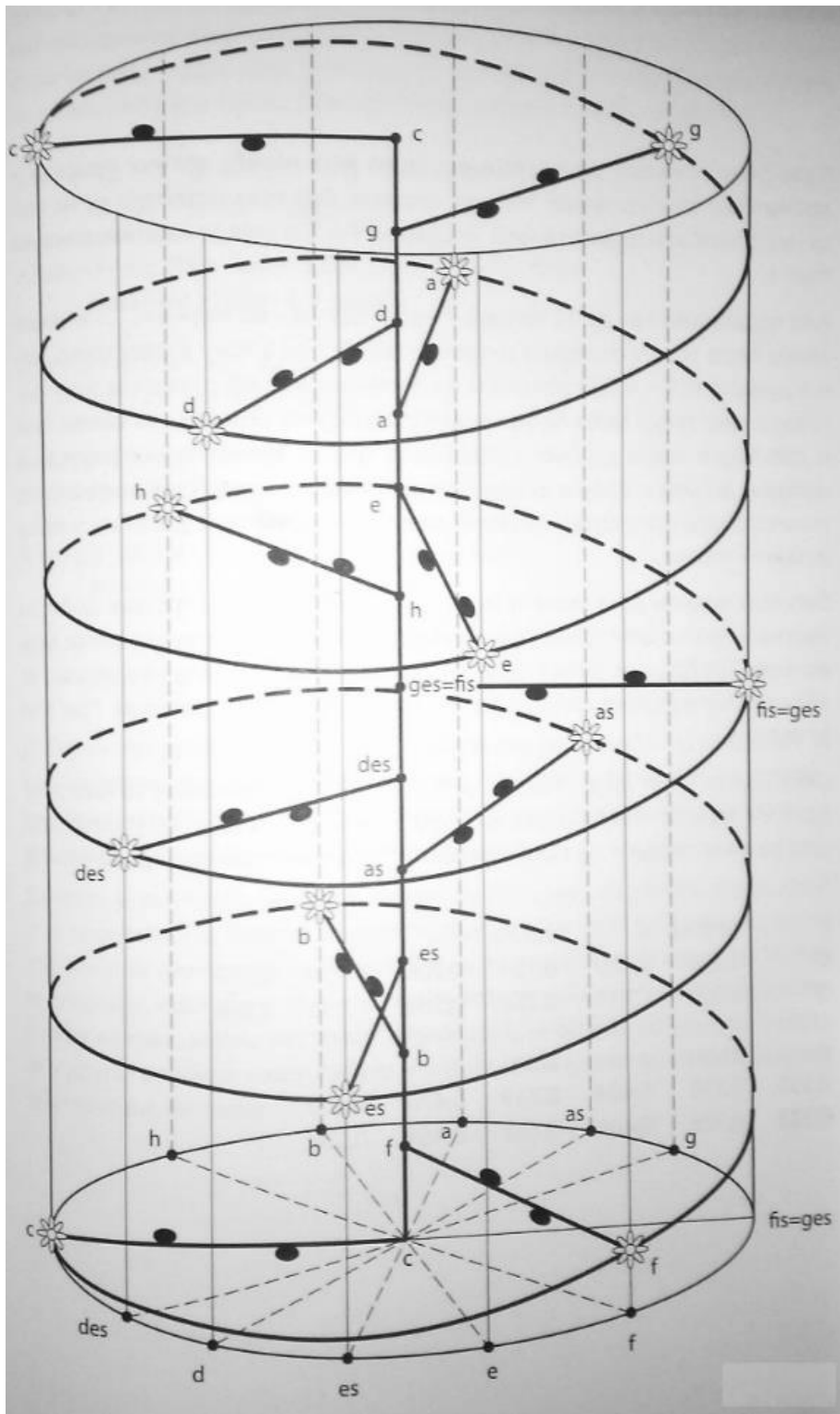
У то време оживеле су многе идеје античке науке. Иако је тешко изразити ниво ирационалности симбола интелектуалним терминима

савремене науке, неопходно је да они уђу у разматрања развоја човековог духа, па тако и самог градитељства. Јунг је писао: „Човек треба да гаји мисли које се никада не могу доказати. Јер су оне корисне. Опште идеје дају смисао животу и омогућавају човеку да пронађе своје место у свемиру (Jung et al. 1987, 83).“ Једна од таквих идеја јесте и питагорејски концепт музике сфера, који је настао услед трагања за свеопштим складом, исконским начелом које прожима васцели космос. Хармонија сфера говори о врхунској, божанској, космичкој хармонији, која прожима читав свет у коме осцилују сва тела која се крећу и самим тим производе звук. Питагора је „могао чути“ хармонију свемира и „перципирати општу хармонију орбита и звезда по којима се оне крећу, а коју ми не можемо чути због ограничености наше природе“ (Diels 1983a, 316). Питагорејци су сматрали да хармонија сфера производи звук и да се може заиста чути, а Аристотел је тврдио да се она може спознати искључиво интелектом (Bukofzer 1942). Теорија хармоније сфера од значаја је за проучавање односа звука и сакралне архитектуре, јер је од антике па све до савременог доба обнављана у настојању да изрази поимање уређености целокупног космоса које је, са друге стране, сакрална архитектура требало да изрази и отелотвори. Стога се овде може поставити питање да ли је управо то хармонија коју смо као градитељи настојали да преточимо и овековечимо у архитектури храмова, како бисмо увек наново могли да је стварамо, по потреби прилагођавамо и, допуштајући да нам прожима тело и душу, успостављамо равнотежу са Космосом.

Развоју идеје хармоније сфера допринео је **Јохан Кеплер** (Johannes Kepler, 1571–1630). Његово дело *Хармонија света (Harmonices Mundi)*, објављено 1619. године, подељено је у пет књига: прва и друга тичу се аритметике и геометрије, трећа музичких хармонија, четврта ума, чула и чулног система планете Земље, а пета књига обрађује теме хармоничних кретања планета соларног система, насталих јединственом *идејом* универзалне гравитације Сунца. Кеплер полази од тога да су хармоници језик науке помоћу којег се може разумети устројство Сунчевог система, односно да небеска кретања чине вишегласну песму која се доживљава интелектом, а не

чулом слуха. Према Кеплеровом објашњењу хармоније сфера, дневне угаоне брзине небеских тела могу се представити тоновима чији је број трептаја једнак броју секунди код угаоне брзине. Тако, ако се мења брзина, мења се и тон. Тонски интервал који је Кеплер нашао за сваку од планета представља однос њиховог најбржег и најспоријег кретања, тј. највишег и најнижег тона (Чанак 2009, 54).

Кеплер је звук сматрао једним од најсуптилнијих видова изражавања природе (Hunt 1992, 77), а хармонијске интервале не апстрактним, већ оствареним у звуку који чујемо. Свет људског чула слуха је континуални звучни простор. Ипак, иако се висина звука креће линеарно, она је заправо структуисана око нераздвојиве јединице, коју представља октава. Октава представља квалитет истости два различита тона која Кеплер још назива „идентичним по опозицији“. Дакле, октаве, или тачке идентичности, означавају основне јединице у простору хармонијског система – тачке повратка, истости која је одмах инстинктивно препозната у уму. Континуални простор звука може бити организован у октавне јединице које се даље могу делити. Кеплер је проучавао консонантне поделе струне, па тако и консонантне интервале познате још из античког доба. То су целобројне пропорције струне које су консонантне са тоном окинуте целе струне. Једноставним експериментима на монокорду Кеплер је установио да постоји шест хармоничних подела између целе жице и њене половине, односно у оквиру једне октаве. Консонантним интервалима одговара подела струне у пропорцијама целих бројева. Консонантни трозвук који се добије једном поделом струне (мањи део : већи део : цела струна) представља саму суштину консонантности. Организација чујног света и кретање унутар њега посве је другачије од визуелног: док простор опажамо праволинијски и у њему линијско кретање, звуку више одговара завојито, спирално кретање (Слика 12). То се може видети на примеру октаве, коју Кеплер сматра јединицом хармонијског система.



Слика 12: Завојито кретање звука. Октава – тачке истости. Извор: (Чанак 2009, 125)

Кеплер је сматрао да с обзиром да је људски ум физичка сила, извор промена и развоја у физичком универзуму и слика ума Створитеља, онда се и узроци физичких феномена морају моћи лоцирати унутар онога што људски ум може да спозна, а не у мистичким тумачења бројева. Другим речима, знање и хармонија нису одвојени од физичког универзума, те није потребан код да им се приступи, већ је реч о физичким величинама које се могу спознати. У складу са тим Кеплер пише:

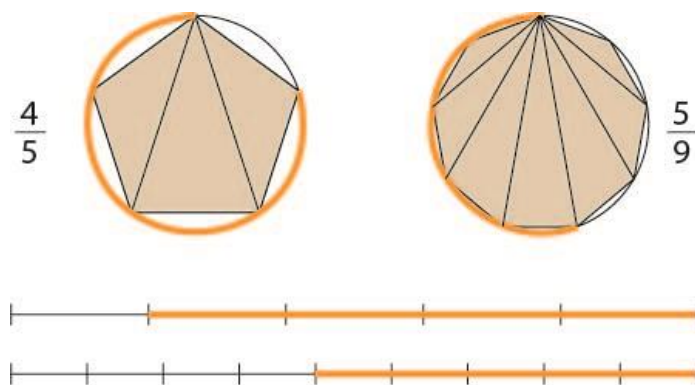
„ ... и након што су [узроци консонантних интервала] били тражени две хиљаде година, ја ћу бити први, уколико не грешим, који ће их открити са оваквом прецизношћу... Како су консонантни интервали континуални квантитети, узроци који их раздвајају од дисонантних морају такође бити тражени у фамилији континуалних квантитета, а не међу апстрактним бројевима, односно у дискретним количинама; а како је Ум који је обликовао људски интелект тако да у таквом интервалу ужива (што је истинска дефиниција консонанце и дисонанце) у разликама између једног и другог, а узроци хармоничности ових интервала такође морају имати менталну и интелектуалну суштину, која омогућава да консонантни интервали буду спознатљиви или неспознатљиви. Уколико су спознатљиви, онда могу ући у Ум и у обликовање архетипа; али уколико су неспознатљиви (у смислу описаном у књизи I) онда су остали ван Ума вечног Занатлије...“

(Увод у књигу III,

<http://science.larouchepac.com/kepler/harmony/book3/1>)

У првој књизи Кеплер објашњава шта подразумева под знањем или под спознатљивошћу феномена. Оно што је непознато може бити доведено у оквиру ума тако што се доводи у однос са нечим што је познато, дакле конструктивном акцијом ума. Тако, музички интервал, који није објекат који се може чулно опазити, не може постојати ни у једном од самих тонова. То је њихов однос који је створен унутар ума. Ту сразмеру никад не доживљавамо

директно, већ кроз однос два искуства. Само одређена пропорција ствара склад и зато нам је угодна. Тако Кеплер закључује да уколико је интервал пријатан за ум, онда мора представљати однос који ум може конструисати. Разлог што је музички интервал терце 4:5 консонантан, а интервал 5:9 дисонантан, није везан за својства самих бројева, већ Кеплер то објашњава њиховим квалитетом спознатљивости. Одређене пропорције изведене су из конструктивних подела круга на полигон. Квадрат и пентагон који чине поделу на 4 и 5 могу се конструисати, дакле могу се сазнати, те су тако и интервали који настају поделом струне на 4 и 5 делова консонантни. Човеков ум није у стању да конструише правилан деветоугао, те је интервал 5:9 дисонантан (Слика 13). Другим речима, узрок склопа хармонијских подела које чине основу музичког система може се наћи унутар пропорција које човек може физички конструисати, јер је хармонија део физичког универзума и може се спознати. Кеплер се противио идеји да је за разумевање хармоније потребан одређени код и сл. За разлику од питагорејаца, он се супротстављао придавању мистичких својстава бројевима.



Слика 13: Кеплерово објашњење консонанце путем конструкције геометријских слика.
Извор: <http://science.larouche.org/kepler/harmony/book3/3>

Кеплер је писао о трострукој хармонији у којој су сви односи консонантни $a:b$, $a:A$ и $b:A$, при чему важи $a + b = A$. Хармонијске поделе називао је и хармонијске средине, јер деле звучни простор једне октаве, али то нема везе са хармонијском средином у аритметици. Кеплер је нашао шест оваквих

хармонијских подела које одговарају трострукој хармонији, али и шест подела у које могу да се сместе две хармонијске средине у једну октаву и тако се оствари четворострука хармонија. Ове тонове Кеплер је називао скелетом октаве. Они међу собом стварају односе 3:4, 4:5 и 5:6. Установио је да је немогуће имати пет подела у октави, тј. петоструку хармонију.

Табела 6: Музички интервали које је Кеплер разматрао у петој књизи свог дела Хармонија света како би изразио кретање планета. Иако се ови интервали не могу конструисати поделом круга, те их је због тога Кеплер сматрао дисонантним, ипак су настали по закону хармонијске поделе.

Однос дужине струне	Назив интервала
80:81	Comma – разлика целог и умањеног тона ($8/9 \div 9/10$)
24:25	Diesis – разлика полутона и умањеног тона ($15/16 \div 9/10$)
128:135	Lemma – разлика полутона и целог тона ($15/16 \div 8/9$)
243:256	Платонова lemma
15:16	Полутон
9:10	Умањени тон
8:9	Цели тон
27:32	Умањена мала терца
5:6	Мала терца
4:5	Велика терца
64:81	Diatone (Питагорејска терца)
243:320	Мала кварта
3:4	Чиста кварта
20:27	Велика кварта
32:45	Прекомерна кварта
45:64	Умањена квинта
27:40	Мала квинта
2:3	Чиста квинта
160:243	Велика квинта
81:128	Мала секста
5:8	Мала секста
3:5	Мала секста
64:27	Велика секста
1:2	Октава

Извор: (Kepler 1952, 1027)

Као што слова речи не чине идеју коју речи изражавају, већ је идеја целина а њени делови долазе накнадно, тако и музички интервали нису градивни елементи који се могу додавати и одузимати. Стога Кеплер полази од саме хармоније као јединствене целине, а музичке тонове види као артефакте више, невидљиве и нечујне организације која више или мање одражава кружно кретање и однос бројева и средина.

Није познато да ли је Кеплер користио аналогију искључиво као реторичко средство или као сазнајни метод. Ипак, закључивање кроз сликовно представљање, које се уочава код Кеплеровог објашњења консонантних интервала као способности ума да конструише одређени геометријски однос, представља облик аналошког мишљења. Резоновање кроз аналогије да би се конструисао нови научни концепт, представља надоградњу постојећег знања, али не кроз његово увећавање (позитивистички став), већ повећано апстраховање (Nersessian 1988). Тако је Кеплеров ентузијазам у коришћењу аналогија био још додатно усмераван и жељом за независном потврдом аналошки изведених закључака, те пише: „Аналогија је показала, а Геометрија потврдила“ (Gentner et al. 1997). О аналошком мишљењу Кеплер је још писао:

„Али за нас појмови у геомтрији треба да служе аналогији (ја нарочито волим аналогије, моје верне господаре, упознате са свим тајнама природе) и да нам веома користе у геометрији, где – упркос неподесној терминологији – доносе резултате бесконачног броја случајева између екстрема и средине, и где јасно представљају пред нашим очима суштину питања.“ (Gentner et al. 1997)

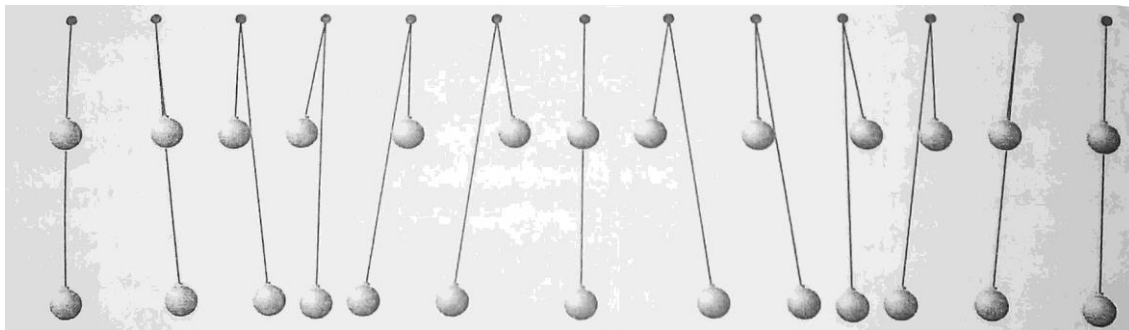
Позивајући се такође на античку традицију, **Галилео Галилеј** (Galileo Galilei, 1564–1642) је први систематски изводио експерименте који се тичу односа висине звука са дужином, дебљином и напрегнутошћу струне (Scharlau 1978). Био је први који је комбиновао емпиријско знање са математиком. Сматрајући да је конструкција концепата и дедукција у математичком дискурсу коначна, а квалитативна интуиција бесконачна, он је први научник

и методолог модерног доба са којим се отвара ера савремене науке (Карга 1989). Искуство је видео као недефинисано и самим тим бескорисно, те је у потпуности давао предност апсолутној извесности математичког дискурса у поређењу са било којом другом формом људског знања. Залагао се за епистемолошки и онтолошки примат математике. Међутим, иако је сматрао да примена науке на решавање проблема из свакодневног живота није изван теоријског поступка науке, већ је непосредан и суштински део саме научне теорије, Галилео је уочавао неминовност апроксимативног односа између емпиријских резултата и теоријских вредности (Prete 2002b, 238).

Галилеј је подржавао Мерсеново виђење да је звук заправо кретање, као и да је висина звука одређена фреквенцијом. Изводио је експерименте са вибрацијама струна. У делу *Discorsi a due nuovo scienze* објашњавао је однос висине тона и његове фреквенције, однос консонанци и дисонанци, однос фреквенција код музичких интервала, фреквенцију вибрације струне у зависности од дужине, пречника, густине и затегнутости. Уочио је да висина тона који производи жица може да се мења њеним затезањем или променом њеног пречника (Hunt 1992, 80-1).

Настојећи да одговори на питање зашто две звучне вибрације чије су фреквенције у односу 3:2 звуче пријатно, Галилео је осмислио следећи експеримент. Заљуљавши истовремено два клатна чије фреквенције стоје у односу 3:2, једно на пример дужине 1 m, а друго дужине 44.44 cm ($4\text{ m} : 9\text{ m}$), Галилеј је посматрао како се ритам њиховог осциловања моментално разилази (Слика 14). За исто време, у овом случају 4 секунде, дуже клатно направи две пуне осцилације, а краће клатно тачно три. Дакле у правилним временским размацама од по 4 секунде долази до усаглашавања поменуто два клатна. Исти је случај и са великим дурским трозвуком, односно када се дода треће клатно дужине 64 cm, па фреквенције три клатна стоје у односу 4:5:6. Тада је временски период у коме се усаглашавају сва три клатна 8 секунди. Галилеј је на основу овог експеримента закључио да човек запажа овај одређени образац који се јавља приликом осциловања струне или клатна у

одређеном односу фреквенција, те да се зато он чини пријатним или консонантним (Johnston 2009, 32).



Слика 14: Два клатна односа фреквенција 3:2. Уколико је дужина једног клатна 1m, а другог 44,44 cm тј. 4 : 9 m, осцилације клатана ће се усагласити на сваке 4 секунде. Извор: (Johnston 2009, 32)

У наведеним примерима читава се оно о чему је писао Платон у *Кратилу* – уколико се макар и незнатно наруши бројевни однос, то већ постаје други број, па онда не долази до усаглашавања клатана (Галилеј), нити до могућег конструисања правилног многоугла (Кеплер), те пријатан интервал прелази у дисонантан.

Тек ће напредак техничких мерења у XVII веку омогућити следећи значајан корак у освајању знања о звуку. **Рене Декарт** (Renatus Cartesius, 1596–1650) и уопште картезијанска научна мисао полазила је од алгебре, давајући духу примат над материјом – *Мислим дакле постојим*. Та тенденција ка субјективизму огледала се у поистовећивању човека са умом, те је дошло до екстремног формулисања дуализма – материја се, у потпуности одвојена од бића, посматрала као скуп објеката. Дакле, у XVII веку засновало се механицистичко схватање света и дошло је до еманципације од аристотеловске физике и метафизике (Preti 2002a, 179). Једна од последица догматизма картезијанске парадигме јесте и губљење осећаја за фина разликовања и распарчавање на дисциплине, при чему је целина остајала изван домета науке (Петровић 2005, 259). Такође, дошло је до истребљивања духовног и нематеријалног из жиже научног истраживања, које је почињало превасходно да се ослања на питања материје и кретања (Добс 2002, 116).

Нови век донео је свеж поглед на акустичке проблеме, при чему треба истаћи дела појединих свестраних научника. Најистакнутија личност XVII века у развоју и разумевању феномена везаних за звук био је **Марин Мерсен** (Marin Mersenne, 1588–1648), француски свештеник, математичар и филозоф, који се често назива *оцем савремене акустике*, услед бројних оригиналних доприноса експерименталној и теоретској акустици (Hunt 1992, 82). Мерсен је водио обимну кореспонденцију са многобројним истраживачима свога времена. Информисао их је о међусобном раду и добијеним резултатима истраживања, давао смернице на основу других радова који су му били познати у одређеној области и охрабривао их да објављују своје резултате. Такође се побринуо да се Галилејева дела читају и изван граница Италије. Окупљао је интелектуалну елиту свог времена на редовним недељним састанцима у Паризу, из којих се касније развила и Француска академија наука.

У свом делу *Harmonie Universelle*, објављеном 1636. године, Мерсен је ставио фокус на механички концепт који је напуштао Аристотелову дефиницију звука као квалитета осетљивости и истраживао могућности примене оптичких закона како би се описали и објаснили акустички феномени (Valleriani 2012, 6). Мерсен је дефинисао звук као „*покрет ваздуха, спољашњи или унутрашњи, који може да се чује*“⁴¹, наглашавајући да упркос томе што много људи мисли да звук не постоји уколико се не чује, он лично сматрао је да звук није мање стваран пре него што се опази чулом слуха (присетимо се да је још Зенон извео закључак да се чује и једно једино зрно проса када падне). Мерсен је дефинисао тон и звук као треперење ваздуха, а висину тона као број трептаја у јединици времена, установивши тако везу између висине тона и фреквенције. У свом првом акустичком делу *Traite de l'harmonie Universelle*, из 1627. године, Мерсен је објаснио унисоно треперење жица приближних фреквенција и одредио прецизну математичку

⁴¹ У оригиналу: “*un mouvement de l'air exterieur ou interieur capable d'estre ouy*”. Mersenne, *Harmonie universelle contenant la théorie et la pratique de la music*. Paris, 1636 (3 vols, Paris, 1986), 2.

формулацију закона вибрирања жица (Knežević 2011). Године 1636. открио је аликвотне тонове, које је 1702. године математички формулисао Жозеф Савер (Joseph Sauveur). Аликвотни тонови су у акустици названи хармоници. Они представљају призвук, односно дају одређену боју основном тону. Примера ради, струна монокорда осцилира са n бројем фреквенција, али се такође појављују и фреквенције $2n$, $3n$, $4n$, итд. Ови аликвотни тонови не разабарају се слухом као самостални тонови, али се могу регистровати Хелмхолцовим резонатором. Сваки аликвотни тон представља хармонијску средину два суседна аликвотна тона (Чанак 2009, 43-4).

У прилог архитектонској акустици, Мерсен је изводио експерименте на различитим материјалима. Познавајући уобичајену праксу *куцајућих тонова* (перкусију) коришћену при прављењу инструмената, Мерсен је утврдио да одређене врсте дрвета звуче различито: јела звучи умањену кварту више, а дивља трешња и оскоруша малу терцу ниже од јавора, док је врба унисона са дивљом трешњом, итд. (Knežević 2011).

Претпосвљајући да традиција акустичких судова коришћених у црквама води порекло од Витрувијевих препорука за античка позоришта, Мерсен је настојао да их детаљније испита. Нарочито је критиковао инструкцију за позиционирање тринаест акустичких судова око гледалишта, јер је сматрао да то доводи до појаве седмина и четрнаестина. Израчунавши димензије судова потребне за одређене фреквенције, Мерсен је довео у питање идеју штимовања посуда на одређене фреквенције (Arns & Crawford 1995).⁴²

Кроз серију експеримената Мерсен је покушао да дође до вредности брзине простирања звука. Упркос сјајним идејама, велики проблем представљало је мерење времена. Сматрајући ритам дисања свесним чином, за бројање је најпре користио откуцаје срца, а затим је унапредио технику и почео да мери време клатном. Показао је да је брзина звука независна од

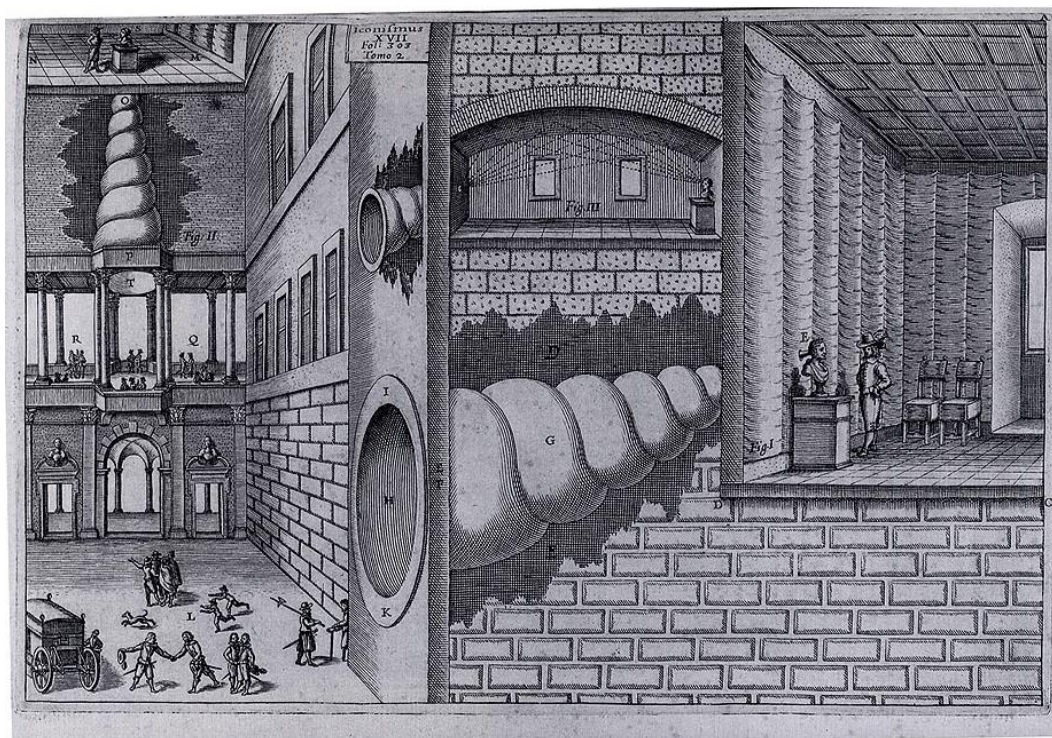
⁴² Витрувије препоруке за коришћење акустичких судова детаљно су разматране у поглављу 4.2.2.

висине и јачине тона бројећи откуцаје срца од тренутка када опази блесак пуцња до момента када чује звук. Скоро сви истраживачи брзине звука у наредна два века ослањали су се на овај метод мерења. У својим мерењима Мерсен је добио да је брзина звука 319 m/s, што је мање од 10% испод данас прихваћене вредности 340 m/s за брзину звука у ваздуху при собној температури (Hunt 1992, 99).

Пјер Гасенди (Pierre Gassendi, 1592–1655) био је Мерсенов савременик, који је опирајући се ауторитету Аристотела, показао да брзина звука не зависи од тога да ли је звук слаб или јак. Било да опали топ на брду, било да опали мање ватрено оружје као мускета, посматрач увиђа да је једнак број откуцаја срца или осцилација клатна од тренутка када опази блесак па док не зачује звук, односно да је једнака брзина звука без обзира на *величину* звука. Тако је Гасенди установио да је брзина звука константна у ваздуху независно од јачине покрета који га производи.

Следећа значајна личност за историју односа архитектуре и акустике јесте **Атанасије Кирхе** (Athanasius Kircher, 1601–1680), који је већи део свог живота провео у Риму, као професор језуитског универзитета *Collegio Romano*. Написао је 32 књиге, а о његовом чувењу сведочи и сачувана кореспонденција са бројним цењеним личностима оног времена (Scharlau 1978). Акустичким питањима бавио се у делу *Musurgia Universalis* из 1650. године, као и у делу *Phonurgia Nova* из 1673. године. Иако без већег научног доприноса, Кирхе је изражавао научну мисао свог доба, при чему се бавио многим акустичким питањима: производњом звука, анатомијом говорних органа и органа слуха, аутоматизацијом музичких инструмената, испитивањем сличности светлости и звучних таласа, итд. Његове детаљне илустрације говоре у прилог стремљењима модерних научника, од Бејкона па надаље, који су тежили освајању знања зарад добробити друштва. Тако су и истраживања односа архитектуре и акустике у највећем обиму била орјентисана на потребе друштва.

Трактат *Phonurgia Nova* (*Нови метод производње звука*), написан на латинском језику, настао је као Кирхеов одговор на тврдње његовог савременика Семјуела Морланда (Samusel Morland) да је изумео „трубу са снажним звуком“ (Tuba stentorophonica), која је намењена преносу и појачању звука. Поред намере да покаже како је управо он у свом делу *Musurgia Universalis* изнео прве идеје о овом, у то време веома популарном музичком инструменту, Кирхе је илустровао како звук може да се преноси, односно да се чује ван просторије у којој се ствара, помоћу трубе постављене у зиду, тако да је ужи отвор сакривен иза или у самој статуи у ентеријеру, а шири отвор цеви је отворен ка атријуму зграде или у просторији на спрату испод (Слика 15). Сличне идеје о преносу звука на даљину Кирхе је детаљније образложио у делу *Phonurgia Nova*.

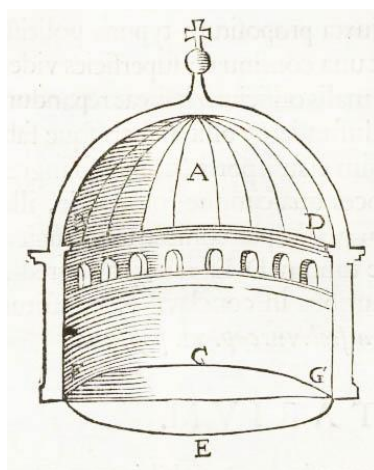


Слика 15: Илустрација говорне трубе из књиге Атанасија Кирхеа *Musurgia Universalis*.
Извор: (http://web.stanford.edu/group/kircher/cgi-bin/site/wp-content/uploads/kircher_073.jpg)

Phonurgia Nova састоји се из две књиге – *Phonosophia nova* и *Phonosofia anacampatica*. У првој књизи обрађене су теме које се тичу утицаја музике на људска бића. Кирхе је ту дефинисао природу звука као чулни феномен који се опажа слухом – то је кретање тела која су у међусобном контакту преко

ваздуха који их окружује. При томе је сматрао да звук има много брзина, па је тако бржи када је гласан или током ноћи, а најспорији је ујутру (Hunt 1992, 123).⁴³ Кирхеова дефиниција звука која се заснива на кретању тела, води порекло од Аристотела и Боетија. Али за разлику од њих, Кирхе је сматрао да звук није само физички феномен већ да је дубоко повезан са људском природом. Тако се кроз антрополошки приступ у овој првој књизи Кирхе додирнуо и терапеутских својстава звука (Tronchin 2008).

Кирхе се ослањао на истраживања **Ђузепеа Бјанканија** (Giuseppe Biancani, 1566–1624). Бјанкани је користећи конкавну површ демонстрирао ехо, а 1620. године за описивање звука усвојио је геометријска правила до тада коришћена искључиво за описивање светлости. Приступио је звуку као да је сачињен од снопа зрака. Овај геометријски метод преузео је Кирхе (Valleriani 2012, 6) и по први пут га применио у архитектонско-акустичком пројектовању. У четвртом одељку прве књиге, Кирхе је описао ентеријер једне одаје палате изборног принца у Хајделбергу у којој је тихи говор могао да се чује са краја на крај просторије - позиција F и G на слици 16 (Tronchin 2008).



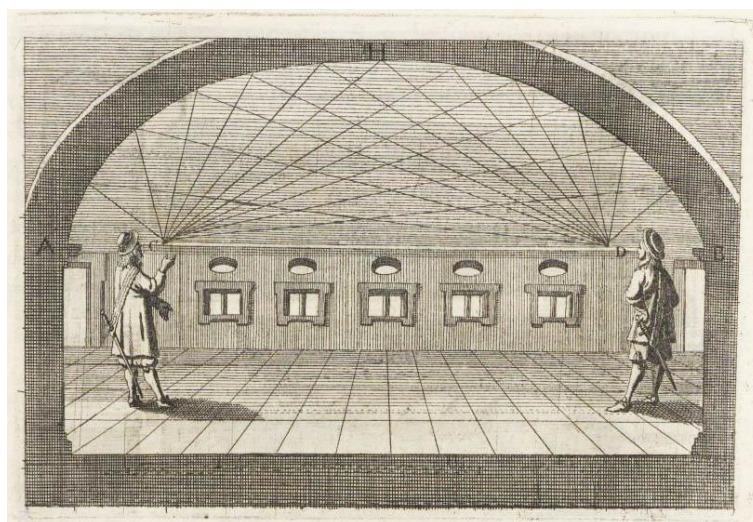
Слика 16: Кирхеова илустрација акустичког ефекта у палати изборног принца у Хајделбергу.

Извор: (Kircher 1673, 92)

Исти феномен Кирхе је препознао и у куполи Светог Петра у Риму, за коју је писао да када само једна особа пева под њом, слушаоци чују читав

⁴³ Тек 1740. године установљено је да температура утиче на брзину простирања звука: када температура расте и брзина расте, и обрнуто (Hunt 1992, 110).

четворогласни канон, услед акустичког ефекта јеке (Scharlau 1978). Кружни облик простора, као и засведена таваница доприносиле су стварању овог акустичког ефекта. Кирхе је такође анализирао и под, претпостављајући да би употребљени материјал могао да допринесе акустичком ефекту. Сматрао је да геометријски облик простора утиче на акустику, као и да елиптично обликована таваница боље од било ког другог облика преноси и појачава глас (Слика 17). Он је разумео да два фокуса елиптичног свода могу да се користе за међусобну комуникацију двоје људи, јер ће свака линија звука која иде из једног фокуса након одбијања о елиптични свод бити усмерена у други фокус (Tronchin 2008). Дакле, код Кирхеа је јасан геометријски приступ пројектовању облика простора, али и увиђање да материјали утичу на одбијање звука.



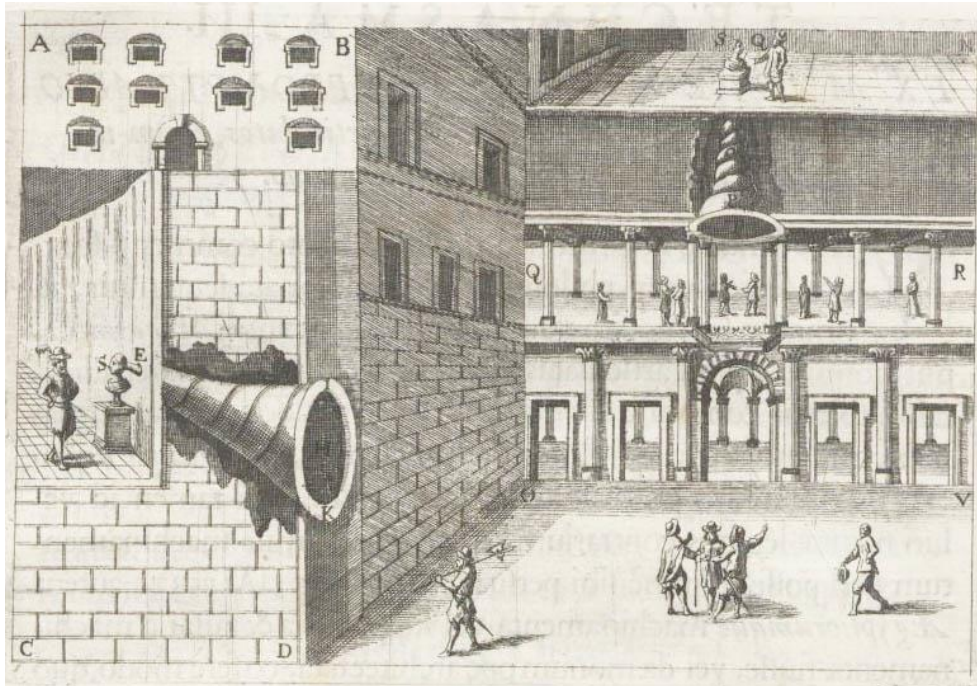
Слика 17: Илустрација ширења звука из жијних тачака елиптично обликованог свода у делу *Phourgia Nova* Атанасија Кирхеа. Извор: (Kircher 1673, 99)

У другој књизи – *Phonosofia anacampatica* – Кирхе се бавио феноменом еха, као и трубама различитог типа и облика – *tuba stentorophonica* (гласна труба), које су могле да се примене за појачавање звука, односно прислушкивање говора из различитих просторија, пренос звука или тајну комуникацију (Слика 18). У овој тежњи да задиви, забави и увери оновремену аристократију у невероватне појаве, али и да објасни ту тајновитост између

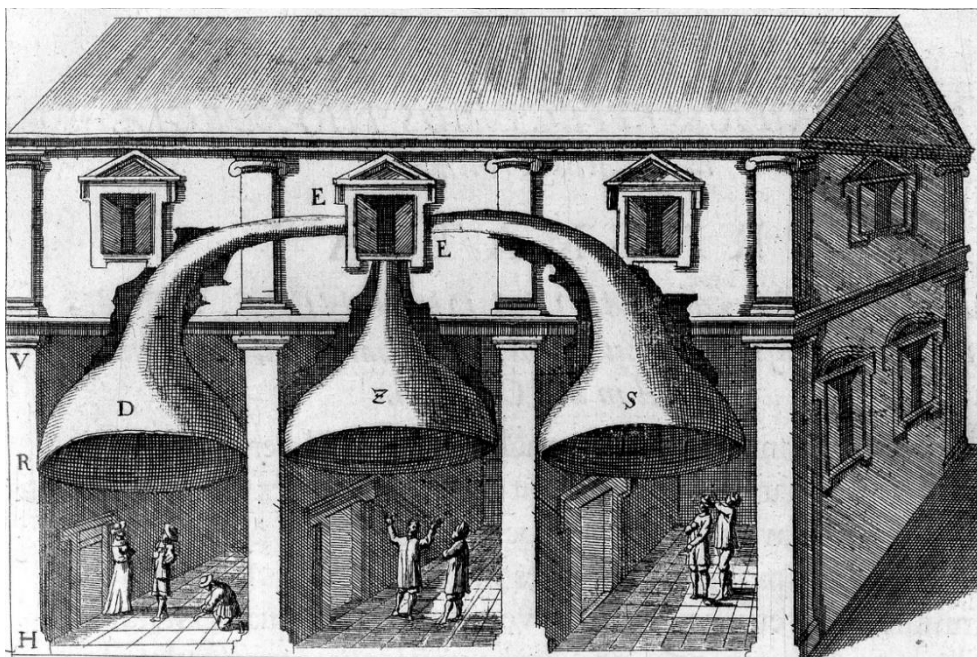
херметизма и егзактне науке, Кирхе је такође детаљно илустровао и статуе које говоре – *statua citofonica* (Слика 19). Ђорђо де Сепи (Giorgio de Serpi), аутор првог каталога за Кирхеов музеј, писао је да је Кирхе уградио овакву трубу у своју лабораторију која је била лоцирана подаље од улаза у његову кућу, тако да је кућепазитељ могао да га позове са улаза, из врта, користећи уобичајену јачину гласа (Tronchin 2008).



Слика 18: Илустрација тубе за очување приватности говора у делу *Phourgia Nova*, Атанасија Кирхеа.
Извор: (Kircher 1673, 160)



Слика 19: Илустрација статуа које говоре. Извор: (Kircher 1673, 162)



Слика 20: Илустрација преноса звука између просторија у делу *Phourgia Nova*, Атанасија Кирхеа. Извор: (Kircher 1673, 90)

Кирхе је такође анализирао и експериментално покушавао да разуме Витрувијеве препоруке које се односе на акустичке судове. Коначно је закључио да не види како би уопште могли да буду корисни (Arns & Crawford

1995). Међутим, његови експерименти не указују на то да је суштински разумео Витрувијеве препоруке (Hunt 1992, 123).

Вилијам Дерам (William Derham, 1657–1735), пастор мале цркве у близини Лондона, 1704. године поставио је и ваљано одговорио на бројна акустичка питања, као што су: да ли је вертикално ширење звука брже него хоризонтално?; има ли разлике у чујењу звука када је топ окренут ка и од слушаоца?; имају ли притисак, температура и влажност утицај на простирање звука?, и сл.

„Када можеш да измериш оно о чему говориш и изразиш га бројевима, онда знаш нешто о томе; али када не можеш да измериш ... твоје знање је слабо и незадовољавајуће.“ (Лорд Келвин према Hunt 1992, 143)

Идеја о јединственој хармонији универзума интегрисала је музику, архитектуру, астрономију и математику. Уситњавањем научних дисциплина средином XVII века архитектура се одвојила од науке и престала да има космолошке и филозофске референце. У наредним вековима овај јаз се само продубљивао (Thompson 2004, 19). Научну мисао XVII и почетка XVIII века обележиле су емпиристичка и рационалистичка филозофија, при чему се све више настојало да се наука ослободи сваке теолошке премисе (Prete 2002b, 307) и расформира дотадашње јединство духовног и материјалног научног истраживања.

Леонард Ојлер (Leonhard Euler, 1707–1783) наставио је даље да развија математичку теорију музике, засновану на питагорејском учењу. Обновљајући идеју о присуству музике у математици која је лагано почела да се губи са картезијанским усмеравањем на монодисциплинарни приступ истраживању природних наука, Ојлер је увео тродимензионалност у музички простор у настојању да просторно прикаже звук. Пошавши од дијатонске лествице и три основна проста броја 2, 3 и 5, фреквенцију сваког тона изразио је преко општег израза облика $2^k \cdot 3^m \cdot 5^n$, $m \in \{0,1,2,3\}$, $n \in \{0,1,2\}$. За разлику од питагорејаца који

су музичким интервалима придруживали бројевне односе, Ојлер је одређеним тоновима придруживао одређени број. Упркос томе, Ојлеров систем је у потпуности сагласан са дијатонском тонском лествицом (Чанак 2009, 47).

Табела 7: Фреквенције тонова изражене у општем облику $2^k \cdot 3^m \cdot 5^n$, $m \in \{0,1,2,3\}$, $n \in \{0,1,2\}$, према Леонарду Ојлеру

c	cis	d	dis	E	f	fis	g	gis	a	b	h	c
$2^7 \cdot 3$	$2^4 \cdot 5^2$	$2^4 \cdot 3^3$	$2 \cdot 3^2 \cdot 5^2$	$2^5 \cdot 3 \cdot 5$	2^9	$2^2 \cdot 3^3 \cdot 5$	$2^6 \cdot 3^2$	$2^3 \cdot 3 \cdot 5^2$	$2^7 \cdot 5$	$3^3 \cdot 5^2$	$2^4 \cdot 3^2 \cdot 5$	$2^8 \cdot 3$

Извор: (Чанак 2009, 46)

Ојлер је конструисао музички координатни систем тако што је сваку тонску фреквенцију представио са три координате $f_{(k,m,n)}$, при чему је k октавна, m квинтна, а n терцна координата. Другим речима, експоненти општег израза $2^k \cdot 3^m \cdot 5^n$ представљају координате. Координатна равна која садржи квинтну и октавну координату Ојлеровог музичког координатног система одговара питагорејском штиму. Тек са додавањем терцне координатне осе „оживљава се музички ток и омогућава формирање дурског и молског трозвука и свих осталих акорада класичне хармоније и тоналитета“ (Чанак 2009, 66).

За даљи развој науке о звуку било је најпре неопходно да се стекну одговарајући услови у математичкој науци и инжењерству. Тако је за појаву темперованог тонског штима било нужно да се развије концепт ирационалних бројева и логаритама (Чанак 2009). Темперовање музичке лествице јесте научни проблем, јер представља превласт ума и идеје над организацијом материје. Другим речима, темперовање захтева уношење мањих нечистоћа у музичке интервале. То се може поредити са рељефом. Наиме, разноликост тонова који су коришћени у природним штимовима аналоган је усталасаном рељефу терена, који је темперовањем слепљен у једну равну, чиме је до извесне мере нестала топографија и орјентири у музичком простору. Једнако темперовална скала од 12 тонова постала је стандард у штимовању музике Запада од средине XIX века. Сва музика која је могла да се изведе у темперованој скали, а не изгубивши значајни део свог идентитета, није истински *микротонална* (Chalmers 1993, 1).

3.4 Музичка аналогија као начело пројектовања

„Пропорција је у простору, оно што је склад, хармонија у области звука. Аналогија која постоји између два реда ствари демонстрирана је монокордом.“ (Burckhardt 2007, 74)

Античка мисао истраживала је природу на темељима закључивања путем аналогија, суштински сматрајући да изван њих нема никаквог ваљаног сазнања, већ да је на човеку само да повеже аналогије кроз које му се свет саопштава (Петровић 2005, 10). Овакво поимање могуће је само у Хераклитовом космосу где се крај не разликује од почетка, те је могуће да се сви делови доводе у везу са целином, која се наново понавља у свим размерама. Платонова аналогија превасходно се састоји у сличности односа између не-сличних појмова, а не у пукој међусобној сличности самих појмова (Anderson 1950, 111).⁴⁴ Међутим, ретко се аналогија показује у чистом, непомућеном, облику, већ се поједина тумачења често мешају и преклапају. То је управо случај са музичком аналогијом, примењиваном још од античког доба, према којој се тумачење пропорција у архитектури заснивало на теорији музичких интервала (Petrović 1974, 34).

Поликлетов канон пропорција требало је да по први пут оствари један естетски закон у облику односа. Читава античка естетика тражила је закономерности лепоте искључиво у сразмери појединих делова и делова према целини (Petrović 1974, 57). На то се касније ослањала и ренесанса, захваљујући повратку на античке узор и утицај објављиваних књига мислилаца антике. У XV веку дошло је до значајног ширења знања и препорука Марка Полија Витрувија, што доказују бројне публикације његовог дела (Kruft 1994, 39). Прво издање на латинском језику објавио је Suplitius 1484/86. године. Друго издање објавио је непознати издавач 1496. године, а затим су следила издања Jucundus 1497, 1511. и 1513. године (Кобаћ 1965). У истом

⁴⁴ Насупрот Платоновој аналогији, Аристотелова аналогија је метафоричка, те је искључена из научног сазнања (Anderson 1950, 111).

периоду објављена су дела Платона и Еуклида, која између осталог садрже и математичка излагања о пропорцијама. Такође, објављена су и дела из области музичке теорије, као што је *De musica* Боетија 1491/2. године, заснована на грчкој теорији Никомаха из Герасе. Средином XVI века Зарлино, венецијански теоретичар, сакупио је целокупан доступан хармонски материјал антике (Petrović 1974, 131).

Витрувије је у својој првој књизи писао о заједничком начелу које се јавља у различитим областима:

„Тако и астролози и музичари могу заједно расправљати о односу звезда и консонанцама, у квадратима и троугловима кварте и квинте, а са геометрима могу говорити о оптици (...) па и у свим осталим гранама науке многа или сва питања су заједничка када се ради о теоријској расправи о њима (Vitruvije 2000, 17-8).“

Из овог одломка уочава се да заједничким начелом које лежи у основи свих наука Витрувије сматра аналогију, и то конкретно помиње музичку аналогију као „квдрате и тоуглове кварте и квинте“.

Насупрот средњовековне праксе, када су превасходно коришћене геометријске шеме при пропорционисању објеката, током периода ренесансе аритметички приступ и метричко пропорционисање представљало је доминантни принцип. Грађење сакралних објеката средњег века одсликавало је једну од темељних концепција средњовековне мисли, а то је да је однос макрокосмоса и микрокосмоса математичке природе (Wittkower 1971, 16). Теоретичари ренесансе такође су сматрали да се универзална хармонија не може открити у потпуности уколико није реализована у простору кроз архитектуру осмишљену и намењену да служи религији (Wittkower 1971, 29). Према Петровићу, теорије пропорција се у ренесанси јављају у три вида:

- (1) Музичка аналогија или систем хармонских размера;
- (2) Пропорције људског тела;

(3) Нумерички савети - обухватају ирационалне односе (Petrović 1974, 131).

Током средњег века архитектура је сматрана механичком уметношћу (*ars mechanica*) и у складу са тим била је ниско котирана на хијерархији сазнања (Kruft 1994, 40). Насупрот томе, ренесансни архитекти сматрали су архитектуру науком, те је њено утемељење у математичкој науци било веома значајно у овом периоду. Насупрот слободним вештинама које су чиниле *quadrivium* и *trivium*, сликарство, вајарство и архитектура сматране су мануелним занимањима. Како би се подигли са нивоа механичких на ниво слободних вештина, било је потребно да им се обезбеди чврст теоријски, односно математички темељ. Теоретичари архитектуре и уметници су се из тог разлога окренули изучавању музике, као једине признате слободне вештине за коју се сматрало да има научно утемељење. Изучавали су музичку теорију како би дошли до смерница за решавање проблема из своје уметничке области. Тако су тумачења музичке питагорејске традиције, нашла своје место и у ренесансној теорији архитектуре. Временом је познавање музичке теорије постало неопходно за образовање уметника. Витковер ову трансформацију архитектонске професије, од мануелног занимања до слободне вештине, истиче као веома значајно достигнуће уметника XV века (Wittkower 1971, 117).

Музичка аналогија у архитектури јесте једна од теорија пропорција, настала у тежњи за спознајом „...закон који би одговарао многострукости облика и који би се потврдио у најразличитијим условима“ (Thiersch 1904; према Petrović 1974, 199). Теоретичари архитектуре отишли су корак даље, закључивши да уколико је бесконачан простор устројен према постојаним метричким законима, онда је нужно да сва тела која се могу опазити у коначном простору подлежу непроменљивим оптичким законима. Овај став утицао је на пропорционисање архитектуре али и на сликарство, односно развој линеарне перспективе (Wittkower 1971).

„...музичка аналогија подразумева примање одређених слушних утисака које производе жице на музичким инструментима чија је дужина самерљива. Претпоставља се да ови звуци пријају нашем уху. Архитектонске форме, пропорционисане по овом закону самерљивих величина, сматрали су теоретичари музичке аналогије, пријаће нашем оку.“ (Petrović 1974, 132)

Доктрина музичке аналогије представљала је основу концепта пропорција током целог периода ренесансе (Wittkower 1971, 110). Подразумевала је пресликавање бројевних односа консонантних музичких интервала на просторне димензије одређених архитектонских простора. Тежило се да се хармонијски односи који су део природе, а јасно препознатљиви у музичким сазвучјима, изразе и у архитектонском пројектовању. Ова доктрина није заснована на потреби за превођењем музичких односа у архитектонске, већ у схватању да се природа увек доследно испољава, те да сходно томе односи малих целих бројева који се јављају код консонантних интервала такође треба да одишу својим складом и у простору. Ренесансна аналогија звучних и визуелних пропорција сведочи о узвишеном веровању у хармонијску математичку структуру свеукупног стварања (Wittkower 1971, 117).

„Односи музичких интервала схватају се као посредници, а не као начин да се консонантни интервали уграђују у музичке хармоније. Ништа не показује боље од овога да ренесансни уметници нису намеравали да претварају музику у архитектуру, већ су узимали консонантне интервале музичке скале као слушне доказе лепоте односа малих целих бројева, 1:2:3:4.“ (Wittkower 1971, 116)

Музичка аналогија врхунац своје популарности доживела је у периоду ренесансе, када су о њој писали теоретичари архитектуре попут Леона Батисте Албертија (Leon Battista Alberti, 1404–1472), Франческа Ђорђија (Francesco Giorgi, 1466–1540) и Андреа Паладија (Andrea Palladio, 1508–1580). Они нису уочавали никакве противречности између објективних пропорција

и субјективног опажања, већ су сматрали да су објективни закони метричке хармоније једнако важни за лични доживљај простора. Ови ставови почивали су на питагорејском уверењу да је хармонија⁴⁵ универзума математички уређена, односно да се може спознати кроз бројевне односе. Тако установљене хармонијске односе пресликавали су са музике на архитектуру са намером да сва дела људи прожму космичким начелима (Gostuški 1968, 240).

Леон Батиста Алберти писао је о односу музичких интервала и архитектонских пропорција у свом делу *О уметности грађења у десет књига* (Alberti 1988). У складу са питагорејским учењем, Алберти је хармонију дефинисао као консонанцу звукова који пријају нашим ушима, при чему исти бројевни односи које налазимо код музичких консонанци годе такође и нашим очима и уму:

„Поново се слажем са Питагором: апсолутно је тачно да је природа у потпуности доследна. (...) Тачно исти број који ствара звуке да буду хармонични, пријатни за наше уши, могу такође да испуне наше очи и ум чудесним задовољством. Стога, за музичаре који су већ темељно испитали такве бројеве, или из тих објеката у којима природа приказује неке очигледне и племените вредности, изведен је цео метод за пропорционисање.“ (Alberti 1988, 305)

Ренесансни архитекти сматрали су да су хармонијски односи по себи уграђени у природу и да се откривају кроз музику, односно консонантне интервале музичке скале. Албертијева хармонијска прогресија 4:6:9 и 9:12:16, представља секвенцу од две квинте и две кварте, које су у музичком смислу дисонантне. То указује да су музички интервали коришћени само као предлог за комбиновање просторних односа (Wittkower 1971, 116). Поред тога, примењиван је и генерацијски принцип, којим је извођена *полифонија пропорција*: на пример 1:2 може бити 3:4:6, односно октава се може посматрати и као збир кварте и квинте, или пак 2:3:4 тј. збир квинте и кварте.

⁴⁵ Хармонија је старогрчка реч која означава и лествицу, односно пут којим се облици успињу ка јединству и враћају мноштву (Петровић 2005, 32).

Архитекте су користиле овај начин пропорционисања у две димензије – разматрајући однос дужине и ширине (на пример за трг или неки отворени простор), или пак у три димензије – разматрајући међусобне односе дужине, ширине и висине (у случају јавних објеката) (Alberti 1988, 305).

Алберти је сматрао да постоји урођено чуло које омогућава човеку да освести хармонију. То опажање хармоније могуће је само путем врлине наших душа, јер се само тако омогућава инстинктивна реакција на пропорције цркве у коју су уграђене математичке хармоније, а које заправо творе њену животну снагу. Кроз ову аналогију микрокосмоса човека и макрокосмоса Бога, остварена је рационална повезаност човека и Свевишњег, те су тако оправдани услови у којима молитва може бити чута и услишена (Wittkower 1971, 27). Алберти је сматрао, пратећи непрекинуту античку традицију, да су музика и геометрија у суштини једно и исто, односно да је музика геометрија преведена у звук, а да су хармоније у музици озвучене, а у архитектури изражене путем геометрије (Wittkower 1971, 9). Тако Алберти у књизи I/9 пише:

„Као у музици, у којој дубоки одговарају високим гласовима, а средњи су постављени између њих, тако да одзвањају у хармонији, предивној звучној равнотежи пропорција, које повећавају задовољство публике и очарава их; тако се то дешава и у свему осталом које настоји да плени и помери ум.“ (Alberti 1988, 24)

Уопштено говорећи, интелектуална клима средине XV века била је прожета свешћу о међуповезаности свих принципа и манифестација у природи, односно о свеопштој хармонији која је уређивала читаво постојање. У складу са тим, настојало се да и звучне и визуелне пропорције подражавају природу. Ослањајући се на Витрувија, Алберти је писао да се лепота заснива на рационалним односима пропорција свих делова зграде на начин да сваки део има своју апсолутну фиксну величину и облик, те да ништа не може бити додато или одузето без нарушавања хармоније целине. Посебно је истицао да ова органска геометрија заснована на односима између свих делова треба да

се користи у пројектовању свих типова објеката, а изнад свега у храмовима (Wittkower 1971, 7).

Франческо Ђорђи је у свом делу *De harmonia mundi totius*, објављеном 1525. године, писао о томе како се на односима бројева заснива ткање целокупног космоса. То је био један од кључева за пропорционисање архитектуре која је изнад свега требало да пригрли и изрази свеопшти космички поредак, и усагласи га са хришћанском доктрином. Франческо Ђорђи је такође писао да се према питагорејском учењу веровало да је ткање душе и целога света уређено према бројевима 1, 2, 3, 4, 8, 9, 27 (Платонова ламбда), а да је све изведено од степена парних – женских бројева, и непарних – мушких бројева. Али са трећим степеном све је завршено, јер човек не може допрети изнад треће димензије, односно дужине, ширине и висине. У овим бројевима такође се налазе и све консонанце (Wittkower 1971, 104).

Франческо Ђорђи написао је *Меморандум за Цркву Свети Франческо дела Виња*, у којем пише о пропорционисању и директно се позива на Платонов опис ткања душе света у *Тимају*. Ђорђи је саветовао примену пропорција консонантних музичких интервала јер их је сматрао делом самог Бога – врховног архитекте, по чијим правилима и црква треба да се гради. У даљем тексту истакао је да у објекту нису важне мере, већ пропорције, тј. односи у којима стоје дужине, ширине и висине, али да не треба ићи преко броја 27, у складу са Платоновим препорукама. На пример, уколико је ширина главног брода цркве 9 јединица, онда дужина не треба прелазити 27 јединица, јер би све друго прекршило законе природе и начинило монструма. Такође у складу са ренесансном филозофијом окренутом човеку, Ђорђи је сматрао човека сликом Бога, а пропорције његовог тела Божијом вољом створене. Тако и архитектуру цркве види као слику човечијег тела које има главу, труп, удове, итд. На пример, на савршено тело цркве, додаје главу која је „*cappella grande*“, а у односу на тело цркве стоји у размери 2:3, интервалу квинте. У пропорцијама цркве изводи односе према интервалима октаве, квинте и кварте, истичући при томе аналогију различитих делова цркве (главни брод,

капеле, хор) и делова људског тела. У овом меморандуму Ђорџи је посветио пажњу и акустици цркве (видети поглавље 4.3.2).

Франческо Ђорџи је најпре дао геометријску шему за цркву, а она га је даље водила до рационалног модула. То Витковер сматра тачним моментом преласка од средњовековног геометријског приступа на аритметичко пропорционисање. Такође је и Алберти уочио мањкавости геометријског приступа, услед чега је осетио потребу да се пропорције преведу у бројеве (Wittkower 1971, 161).

Витковер је у свом делу *Архитектонски принципи у доба хуманизма* заступао тезу да се **Андреа Паладио** у пројектовању превасходно водио начелом музичких хармонијских односа, те да је систематски повезивао просторије унутар својих објеката према хармонијским пропорцијама (Wittkower 1971). Писао је о седам примерених размера просторија, верујући да су „*пропорције гласова хармонија за уши, оне мерљиве да су хармонија за очи*“, те да као такве веома годе (Palladio 1567, према Wittkower 1971, 113). Систематична, квантитативна анализа, која је обухватила све основе из друге књиге Паладијевог дела *Четири књиге о архитектури* (Palladio 2010) показала је да је Паладио користио музичке хармонијске пропорције нарочито у пројектима након 1556. године, пошто је већ започео рад на својој књизи и израдио илустрације за Барбарово издање Витрувија. Међутим, иако је користио хармонијске односе терце, кварте, квинте, сексте, и сл. Паладио у свом делу нигде јасно и једнозначно није истакао значај музичке теорије за архитектуру (Howard & Longair 1982).

„Под ренесансном куполом Барбаро је могао да доживи бледи ехо безвучне музике сфера.“ (Wittkower 1971, 142)

Реконструкцијом мера Паладијевих објеката, показало се да примењена комбинација пропорција, са музичке тачке гледишта показује дисонантност, што је у складу са оновременим тежњама за освежавањем устаљених тоналитета и увођењем дисонантног склопа у мелодијска кретања. Примера ради, међу Паладијевим решењима налазе се собе димензија 16:18:20, што

одговара узастопним тоновима лествичног низа, а не акордском склопу. Он често примењује и однос 5:3, што је интервал сексте (изнова откривен у ренесанси) и заокружен израз златног броја. Према Драгутину Гостушком, ово је једна од важних аналогија: „*златни пресек, као типично визуелан естетско-математички феномен, добија своју формулацију и нормативну вредност у исто доба када су сексти најзад званично призната права и значења консонантног интервала*“. Сходно томе Гостушки је закључио да сваки архитекта, конструишући геометријску слику, заправо је исцртавао једну музичку форму (Gostuški 1968, 243-5). Доводећи у везу поједине трендове у музици, сликарству и архитектури сагледао је њихове односе у историјској перспективи. У хеленистичко-римском периоду, када се претпоставља појава хармонског пропорционалног принципа, почела је систематична примена централне грађевине. У односу на развој музике, средњовековна црква представљала је комбинацију адитивног и пропорционалног принципа, правоугаоника и круга. Стога се могло очекивати да ће за ренесансну грађевину теоретичари захтевати централну форму, типичну за тоналну музику и за перспективну пројекцију. Базиликалан план представља примену адитивног принципа, који је такође веома изражен у ритмичко-мелодичкој концепцији музике. У ренесансном периоду дошло је до оживљавања античких узора и преиспитивања односа природних појава. Архитекти су се бавили пресликавањем музичких принципа на архитектонске форме како би се успоставила свепрожимајућа космичка хармонија, али и остварио један вредан, како аудитивни тако и визуелни, естетски ефекат. Гостушки пише да се сматрало да једна форма представља звучни извор, односно да се димензије једне просторије могу превести у одговарајућу фреквенцију како би произвели својствени хармонски склоп, те да су сложени архитектонски облици поистовећивани са музичким акордом. Алберти се одлучно залагао за повратак кругу, платонистичком симболу формалног савршенства и солидарности физичких сила, у исто време када су музичари постављали тоналне центре, сликари примењивали законе централне перспективе, а урбанисти тражили своју звезду *citta ideale*. Паладио се, пак, заузимао за комбиновани тип цркве, са централном формом којој је додат правоугаоник.

Тај правоугаоник може се схватити као динамичка варијанта строго централне организације, као квадрат у перспективи или покрету. Међутим, „консеквентни монодизам био је кратког века, као и Албертијев централизам“. Полифони, изразито динамички фактор, убрзо је поново заузео доминантне позиције, нарочито на северу Европе (Gostuški 1968, 243-5).

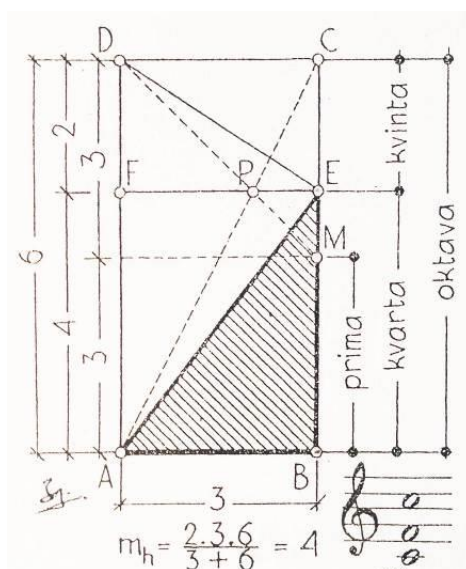
Током XVII века, теоретичари музичке аналогije били су Франсоа Блондел (Jacques-François Blondel, 1705-1774), Шарл Етјен Брисо (Charles Étienne Briseux, 1680-1754) и Марк Антоан Ложије (Marc-Antoine Laugier, 1713-1769). Током периода просветитељства у XVII и XVIII веку ова теорија доживела је бројне критике, да би коначно била и потпуно напуштена. Клод Перо (Claude Perrault, 1613-1688) у делу *Ordonnance des cinq especes de colonnes* (1683) писао је да „уво није уопште у стању да преда свести никакве податке о математичким односима“, односно да музичке консонанте не могу бити преведене у визуелне пропорције, као и да су пропорције које следе из „правила архитектуре“ лепе, само зато што је човек на њих навикао (Petrović 1974, 132, 188). Томазо Теманца (Tommaso Temanza, 1705-1789) у свом делу из 1762. године *Vita di Andrea Palladio* писао је да пропорције које видимо зависе од односа гледаоца и објекта, који није апсолутан већ се стално мења са кретањем кроз простор. Опажајне аналогije критиковао је и Готхолд Лесинг (Gotthold Ephraim Lessing, 1729-1781) тврдећи да уметности представљају различите реалности људског искуства које не треба преводити из једне у другу (Morris 1996). Такође, у свом делу *Of the Standard of Taste* (1775) Дејвид Хјум (David Hume, 1711-1776) изнео је схватање да лепо није квалитет самих ствари, већ да свачији ум опажа различиту лепоту (Hume 1775). И Арчибалд Алисон (Archibald Alison, 1757-1839) је у *Essays on the Nature and Principles of Taste* из 1790. године образложио да је лепота у оку посматрача и да је наша реакција на облик потпуно субјективна (Alison 1821). Лорд Кејмс, у делу *Елементи критике* (1839), образложио је да не постоји „природна аналогija“ између односа у архитектури и „сложених звукова“ који се добијају окидањем жице: „Узмимо, на пример, једну октаву добијену помоћу две сличне жице, од којих једна износи дуплу дужину друге; ово је најсавршеније од свих слагања; па

ипак није ми познато да је однос један према два пријатан у било која два дела неке грађевине (Petrović 1974).“

Средином XVII века архитектура је постала суштински специјализована, сведена на низ искључивих правила која нису имала никаквих додирних тачака са филозофијом или космологијом. Другим речима, са развојем модерне науке архитектура је изгубила свој космографски значај. Више није постојала намера да изрази начела природе и уређења космоса. А тумачење и разумевање звука у архитектури склизнуло је у јаз настао услед раздвајања науке и архитектуре, који се још додатно продубљивао током XVIII и XIX века како су се истраживачка интересовања акустичара разилазила са потребама архитектонског пројектовања (Thompson 2004, 19). Са прихватањем експерименталне, индуктивне методе у научним истраживањима, а са радом Хелмхолца (Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, 1821–1894) и Фехнера (Gustav Theodor Fechner, 1801–1887), показано је да је музички доживљј пре свега физиолошке природе, те да психолошки доживљај није створен апстрактним спознавањем једноставних односа у људској свести већ да је условљен самом грађом слушног апарата (Petrović 1974, 133).

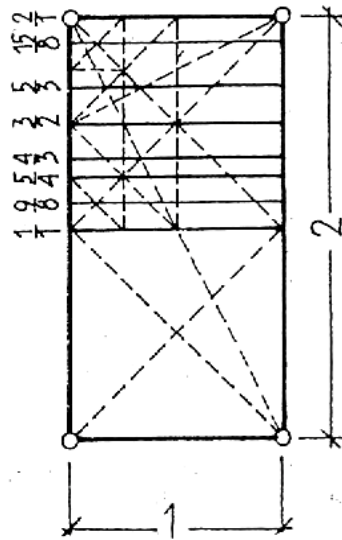
Ипак, поједини истраживачи враћали су се на испитивање примене музичке аналогije у историји архитектуре. Анализирајући пропорције античких храмова Дејвид Ремзи Хеј (David Ramsay Hay, 1798-1866) закључио је да су углови, а не странице геометријских облика, пројектовани у одређеним односима. Били су важни правци а не удаљености, као што је за слух важан број вибрација а не њихова магнитуда. То је „*најједноставнији закон*“ по коме „*углови правца морају у односу на неки фиксни угао да имају исте једноставне односе какви се јављају код тонова једног музичког акорда према основном тону*“ (Hay 1856, 37). На тај начин једноставност и склад преносе се до ума који их једнако лако прима и вреднује. Странице геометријских слика више утичу на оптички принцип и ту је реч о нумеричкој методи, док се рад са угловима заснива на геометријској методи (Hay 1856, 37).

На нашим просторима музичком аналогijом у размаравању архитектонских објеката бавио се архитект Милан Злоковић. Како је већ било речи у поглављу 2.2.3, Злоковић је истраживао методе пропорционисања у градитељском наслеђу Балкана. Полазећи од тога да кварта представља хармонијску средину приме и октаве $m_h = \frac{2 \cdot 1 \cdot 2}{1+2} = \frac{4}{3}$, а квинта аритметичку средину $m_a = \frac{2+1}{2} = \frac{3}{2}$, Злоковић је представио геометријско извођење великих музичких интервала – кварте 4:3, квинте 3:2 и октаве 2:1 (Слика 21), полазећи од приме 1:1, односно геометријске фигуре квадрата.



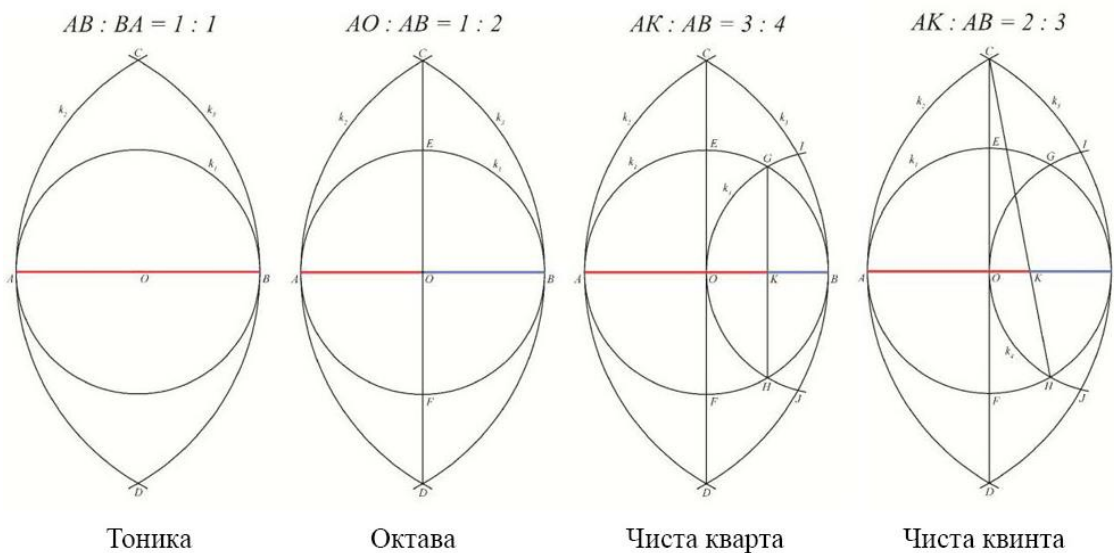
Слика 21: Хармонијске размере приме, кварте и квинте у хармонијском правоугаонику октаве.
Извор: (Zloković 1954)

Други важан Злоковићев дијаграм везан за музичку аналогiju (Слика 22) представљен је у његовом чланку о античким шестарима (Злоковић 1960). На дијаграму је показано једноставно геометријско извођење хармонијских односа музичких интервала дијатонске лествице полазећи од геометријске фигуре квадрата. На тај начин, као и на слици 21, добијају се правоугаоници чија дужина и ширина стоје у размерама музичких интервала.



Слика 22: Пропорцијски систем хармонијских односа – извођење из фигуре дуплог квадрата, односно октаве. Извор: (Злоковић 1960)

Истраживањем музичке аналогије у архитектури данас се код нас баве Кандић и Милосављевић (Milosavljević 2013; Kandić & Milosavljević 2014). На слици 23 представљена је конструкција геометријског извођења дужина према музичкој аналогији. Овде је важно уочити да је примену музичке аналогије у градитељству могуће реконструисати или у једној димензији – када се разматрају само дужине као на слици 23, или пак у две димензије кроз однос дужине и ширине простора, као што је приказано на сликама 21 и 22.



Слика 23: Геометријско извођење великих музичких интервала питагорејске скале. Извор: (Kandić & Milosavljević 2014)

3.5 Квантификовање акустичких квалитета у архитектури

Име *акустика* први пут помиње се 1693. године (Kurtović 1990, 17). Према основном одређењу, акустика је наука која се, као једна од бројних ужих области физике, бави проблемима настајања, простирања и пријема звука. Звук је данас дефинисан као сваки физички поремећај у еластичној средини, при чему еластични медији у коме се јављају звучне појаве могу бити чврсте, течне и гасовите средине. Дакле, суштина звука је у механичким вибрацијама, те се звучни талас може посматрати као један вибрациони образац у простору и времену. Честице ваздуха у звучном таласу осцилују само напред-назад, али не путују заједно са самим таласом, већ се дуж таласа преноси поремећај који производи таласни феномен (Карга 1989, 176-9).

Врхунац развоја акустичка наука досегла је у XVIII и XIX веку (Hunt 1992, 68). Први значајан научни трактат из експерименталне акустике објавио је 1802. године физичар **Ернст Хладни** (Ernst Florens Friedrich Chladni, 1756–1827). У делу *Die Akustik*, Хладни је десет страна посветио архитектонској акустици. Он је образложио најбоље услове за слушање и музичко извођење, почевши од величине и облика просторије, преко распореда седења, микрогеометрије зидних површина, и слично (Arns & Crawford 1995).

Изградња позоришта, значајно већих него раније, постала је веома популарна у Европи XVIII века. Примера ради, опера у Бејруту, изграђена 1748. године имала је 5500 m³ и 450 места, а миланска Ла Скала отворена 1778. године имала је салу од 11250 m³ и примала је 2300 посетилаца. Комерцијализацијом извођених дела, створила су се веома јасна очекивања од акустике позоришних сала. Циљ је био да се одреди највећи могући капацитет сале у којој ће бити остварени адекватни визуелни и акустички услови из свих позиција у гледалишту. Истраживачи попут Пјера Пата (Pierre Patte), француског архитекте који је трагао за научним саветом за акустичко пројектовање у архитектури, или Џорџа Саундерса (George Saunders), британског архитекте, истраживали су најподесније облике позоришних сала

сматрајући да је облик простора кључан за добар звук⁴⁶ (Thompson 2004, 20-2).

Даљи развој акустике у XIX веку ишао је брже захваљујући великом напретку у другим дисциплинама, као што су математика, механика и електротехника. Скоро сви познати физичари и математичари на неки начин допринели су развоју акустике.

Херман вон Хелмхолц био је немачки лекар и физичар, који је дао јасну дефиницију закона о очувања енергије. Између осталог, истраживао је физиологију уха и начин на који функционише чуло слуха. Дошао је до фундаменталних открића по питању опажања звука, брзине преноса нервних импулса и реакције мишића. Резултате својих истраживања применио је на теорију музике и објавио их 1862. године у делу *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für Theorie der Musik*. Ту је изнео квантитативну научну основу за студију продукције и перцепције говорног и музичког звука, бавећи се психологијом опажања звука. Ова књига отворила је нову област акустичке науке – психоакустику (Johnston 2009, 228). Хелмхолц је такође допринео и разјашњењу античког акустичког питања резонантних судова. За истраживање звука конструисао је судове, такозване *Хелмхолцове резонаторе*, који имају релативно мали отвор наспрам пречника најширег дела суда. Хелмхолцови резонатори су самостојећи апсорбери звука који имају наглашено резонантно понашање, али у одређеном фреквенцијском опсегу који зависи од величине отвора суда, дужине врата и запремине резонатора. Хелмхолц је показао да је на тој одређеној фреквенцији апсорпција звука максимална. Пример Хелмхолцове резонанције јесте када се ваздух дува преко отвора празне флаше (Godman 2006).⁴⁷

Најпопуларнија књига о акустичким питањима на енглеском језику била је *Acoustics in Relation to Architecture and Building*, аутора Роџера Смита

⁴⁶ Џорџ Саундерс је 1790. године објавио дело *A Treatise on Theaters*, у коме је изложио своје експерименте и илустрације о максималном домету звука од говорника до слушаоца.

⁴⁷ О Хелмхолцовим резонаторима ће бити више речи у поглављу 4.3.3 у коме је обрађена употреба акустичких судова у сакралној архитектури средњевековне Европе.

(Roger Smith) из 1860. године, на француском језику књига Теодора Лашеа (Theodore Lachez) *Acoustique et Optique des salles de reunions*, објављена 1848. године, на италијанском дело Антонија Фавара (Antonio Favaro), а на немачком Алберта Ејхорна (Albert Eichhorn) (Arns & Crawford 1995).

Суштински напредак у акустици унутрашњег простора постигнут је из потребе да се реше акустички проблеми који су до те мере били изражени да поједини простори уопште нису могли да служе својој намени. Сала представничког дома Конгреса у Вашингтону, изграђеног 1807. године, имала је знатних акустичких проблема. Глас говорника се у потпуности губио у еху, пре него што стигне до слушалаца, те се ништа није могло јасно чути (Thompson 2004, 25). Наиме, при пројектовању слушаоница, сала за предавања и амфитеатара, јавља се потреба да се информациони садржај говора максимално очува при преносу звучним пољем. Тако се јављају два, међусобно потпуно супротна, акустичка проблема: очување квалитета говорне комуникације и проблем заштите приватности говора (Мијић 2001). Након качења завеса између стубова дворане представничког дома Конгреса, ситуација је била побољшана, али и даље незадовољавајућа. Након што су британске трупе спалиле Капитол, зграду америчког конгреса, објекат је поново изграђен 1819. године, али сала није имала ништа бољу акустику. Приликом планова за изградњу проширења 1853. године, позван је **Џозеф Хенри** (Joseph Henry) секретар Института Смитсоњијан, да као истакнути научник процени идеје о звуку које су примењене код нове сале представничког дома Конгреса. Иако их је Хенри одобрио са становишта геометрије, показало се да ова искључива усмереност пажње на облик простора није дала адекватне акустичке резултате. С обзиром да је претходно већ била позната улога материјала у контроли звука у унутрашњем простору, архитекте су једино могле да закључе да одређени материјали у већој или мањој мери доприносе ширењу звука према законима који се не могу лако демонстрирати. Тако су обликоване нове идеје о физичкој природи звука (Thompson 2004, 25-7).

Недуго након косултација за салу Конгреса, Хенри је био одређен да евалуира пројекат сале за предавања Института Смитсоњијан. У оквиру тога започео је серију експеримената како би истражио утицај материјала на звук. Он није попут архитеката XVIII века представљао звук као геометријске зраке, већ је у складу са трендовима у физици XIX века своје истраживање базирао на новом енергетском концепту звука и идеји конзервације енергије. У својим експериментима са звучном виљушком, Хенри је показао да од материјала постоља на које је постављена звучна виљушка зависи квалитет звука. Услед апсорпције вибрација звучне виљушке енергија се у већој или мањој мери претвара у топлоту, што је Хенри показао мерењем температуре материјала постоља. На овај начин Хенри је покушао да квантификује апсорпцију материјала на звук, али више у смислу очувања енергије него са намером да направи конкретне смернице за архитектонско пројектовање. Тако, своја сазнања о материјалима никада није применио, већ се у случају сале за предавања Института Смитсоњијан поново усредсредило искључиво на облик простора (Thompson 2004, 25-7).

У експериментима које је спроводио током процеса пројектовања сале за предавања на Институту Смитсоњијан 1854. године, Хенри је открио један од најважнијих принципа архитектонске акустике. Изводивши експерименте на отвореном простору, уз велики вертикални зид зграде Института, Хенри је открио да рефлексije звука о овај зид нису дале изражен ехо када је кашњење за иницијалним звуком било краће од 50 ms, те је закључио да ће се рефлексije о плафон и зидне површине у аудиторијуму са временским закашњењем које не прелази овај лимит стопити са директним звуком и појачати га (Shankland 1972).

Током XIX века почео је да се обликује концепт реверберације – продужавања звука у великим просторима услед вишеструких рефлексija – у делу Карла Ланганса (Carl Ferdinand Langhans, 1782–1869), пруског архитекте посвећеног пројектовању аудиторијума и Дејвида Рида (David Boswell Reid, 1805–1863) у Енглеској. Године 1856. Џозеф Хенри позвао је Рида да одржи

осам предавања о архитектури на Институту Смитсоијан, услед акустичких проблема у сали за предавања (Arns & Crawford 1995).

Са друге стране, архитекте XIX века градећи аудиторијуме долазили су до извесних смерница за акустички дизајн. Архитектонски студио Адлер и Саливен (Adler & Sullivan) пројектовао је велики број позоришта након пожара у Чикагу 1871. године. Акустика сале њиховог Аудиторијума у Чикагу (*Auditorium Building*, 1889.) оцењена је својевремено као савршена. Адлер је сматрао да архитекте треба да избегавају чврсте, глатке површине, већ да пројектују изломљене зидове и плафоне тако да управљају звук према публици. По питању геометрије простора саветовао је да просценијум треба да буде низак, а висина и ширина сале да се повећавају ка задњим редовима гледалишта, како би се обезбедио пролаз звука. Саливен је сматрао да је Адлер интуитивно успео да оствари добру акустику позоришта, не ослањајући се на науку већ на свој осећај и инстинкт (Thompson 2004, 31-3).

Са појавом свеобухватне књиге *The Theory of Sound* (1877) **лорда Рејлија** (John William Strutt Rayleigh, 1842–1919), достигнут је оновремени врхунац математичке елаборације понашања звука (Thompson 2004, 19). Између осталог, Рејли се у једном поглављу осврнуо на теорију резонатора сматравши да је ова тема била извор забуне међу акустичарима током читавог миленијума. Иако не помиње примену акустичких судова у архитектонској акустици, Рејли је образложио став да резонатор служи да апсорбује звук у близини своје резонантне фреквенције⁴⁸ (Arns & Crawford 1995). Са овим „најзначајнијим делом из теоријске акустике“ завршио се убрзани развој акустике у XIX веку (Kurtović 1990).

Акустички квалитет простора, намењених између осталог и слушању инструменталног или вокалног извођења, све до почетка XX века описиван је субјективно. Систематска примена научних техника на архитектонску

⁴⁸ Идеја да резонантна шупљина апсорбује звук јавила се још 1833. године код Хершела (John Herschel) и Квинка (George Quincke) који су користили резонантне шупљине у зиду цилиндричне цеви како би отклонили одређене фреквенције из звучног поља цеви (Arns & Crawford 1995).

акустику почела је са радом **Воласа Клемента Сабина** професора физике на Харварду. Наиме, 1895. године секретар Универзитета у Харварду, Чарлс Елиот (Charles William Eliot), позвао је Сабина да реши питање акустике сале за предавања у новом харвардском *Fogg Art* музеју, која је пројектована две године раније, али није коришћена због проблема са акустиком (Arns & Crawford 1995). Просторија је била исувише реверберантна, те је стварајући продужени ехо глас говорника постајао потпуно неразумљив за слушаоце. Секретар Елиот сугерисао је Сабину да развије квантитативну меру акустичког квалитета, како би акустику сале за предавања могао да подеси према узору изванредне акустике Сандерс театра (Sanders Theatre). Сабин је одлучио да мери време реверберације: трајање чујности резидуалног звука док одзвања кроз простор и лагано нестаје. За мерење времена реверберације као звучни извор користио је оргуљашку цев од 512 циклуса у секунди. Када би се постигла стабилна јачина звука, искључивао би извор звука и слушао резидуални звук или реверберацију докле год је била чујна. Торзионо клатно бешумно је бележило звучност до хиљадитог дела секунде. Овим методом Сабин је измерио време реверберације у сали за предавања *Fogg Art* Музеја и Сандерс театра, али и бројних других простора у харвардском кампусу, Кембриџу и Бостону. Истицао је колико је важна прецизност и контрола услова у акустичким мерењима. Такође је додатно почео да експериментише са различитим апсорпционим материјалима и њиховим утицајем на време реверберације, при чему су му послужили јастуци за седење Сандерс театра. За разлику од Џозефа Хенрија, Сабин је настојао да формулише смернице за практичну примену приликом архитектонско-акустичког пројектовања. Сматрао је да је звук најбоље дефинисати као енергетско тело. И након вишегодишњих извођења експеримената није успевао да установи математичку повезаност између архитектонских одлика простора и њеног времена реверберације. Тек 1897. године, Сабин је био приморан да испостави акустичко решење за салу за предавања *Fogg Art* музеја. Постављањем висећих апсорпционих панела, простор је коначно могао да се користи за шта је био намењен, али је његова акустика и даље била далеко од акустике Сандерс театра (Thompson 2004, 34-7).

У овом периоду Хенри Хиггинсон (Henry Lee Higginson) затражио је препоруку од секретара Елиота од кога би могао да потражи научни савет за акустику своје нове концертне сале Бостонске симфоније (Symphony Hall). Хиггинсон је акустици првобитне сале Бостонске симфоније замерао што у њој боље звучи *piano* него *forte*, елегантни боље него енергични прелази, а он је управо хтео да акустика нове сале пружи могућности за све могуће комбинације извођења. Елиот га је одмах упутио на Сабина, који није био много одушевљен идејом, с обзиром да је био свестан ограничења свог разумевања звука. Међутим, наставивши да ради на прикупљеним резултатима својих мерења, Сабин је установио да га је претходна заокупљеност до танчина прецизним мерењем спутала да опази математичку криву на коју су резултати мерења указивали. Наиме, Сабин је установио хиперболичку повезаност резидуалног звука и апсорпције материјала. Наставио је са мерењима различитих просторија и различитих материјала, а за изражавање апсорпције материјала усвојио је основну *јединицу отвореног прозора*, односно да 1 m^2 отвореног прозора представља савршено апсорбујући материјал који ни најмањи део звука не рефлектује поново у простор (Thompson 2004, 39-40). Ефективна апсорбциона површина јесте производ стварне површине одређеног ентеријерског елемента и коефицијента апсорпције који квантификује у коликој мери одређени материјал има способност да упије звук. Овај коефицијент има скалу од 0 до 1, при чему потпуни апсорбер, као што је отворен прозор, има коефицијент 1, а добар рефлектујући материјал, као на пример глазиране керамичке плочице, коефицијент апсорпције 0.1. Величина акустичких губитака зависи од дебљине слоја и густине примењеног материјала (Мијић 2001, 95-105). Сабин је тако изразио апсорбциону моћ различитих материјала – од зидних малтера, преко различитих облога за ентеријерске површине, текстила, и слично – и коначно објавио табелу њихових коефицијената апсорпције. Табела је садржала следеће вредности:

Отворени прозор	1.000
Дрвена облога (тврди бор)	0.061

Малтер на дрвеним летвама	0.034
Малтер на жичаним летвама	0.033
Једноструко стакло	0.027
Малтер на плочицама	0.025
Опека у портланд цементу	0.025

Приказане вредности коефицијената указују на то колико је енергије апсорбовано. На пример, сваки пут када звучна енергија дође до површине опеке у портланд цементу 2,5% те енергије ће апсорбовати сам материјал, а 97,5% ће се рефлектовати назад у простор. Апсорбција отвореног прозора је представљена коефицијентом 1, односно 100%.

Сабин је даље установио вредност хиперболичке константе k , установивши да је директно пропорционална запремини простора:

$$k = 0,164V$$

Сабинова формула за време реверберације коначно је могла да се изрази као:

$$t = \frac{0.164 V}{\Sigma(a_n s_n)}$$

где је:

t = време реверберације (s),

V = запремина просторије (m^3),

a_n = коефицијент апсорпције материјала n ,

s_n = површина материјала n .

Време реверберације јесте низ узастопних, све слабијих рефлексја које прате директан звук у просторији, а које се ухом не могу јасно разлучити. То је време потребно да акустичка енергија (односно интензитет звука) опадне након престанка емитовања звука на милионити део своје првобитне вредности, односно да опадне за 60 dB. Овом формулом Сабин је први успео да квантификује акустички квалитет унутрашњег простора. Такође, израчунавање времена реверберације могло је да се користи још у фази пројектовања објекта како би се добила жељена акустика унутрашњег

простора. Дошавши до ове формуле, Сабин је са ентузијазмом прихватио посао који му је понудио Хигинсон, а који је укључивао и сарадњу са архитектонским бироом *Меким, Мид и Вајт* (*McKim, Mead and White*). То је био први заједнички подухват архитеката и акустичара у пројектовању (Thompson 2004, 33-41).

Успешној сарадњи на изградњи Бостонске симфоније (1899–1900), допринела је и чињеница да акустички параметри које је математички формулисао Сабин нису значајно ограничавали пројектантску слободу архитекте, јер то нису биле стриктне препоруке за акустички дизајн, већ научно засноване смернице за архитектонско пројектовање (Thompson 2004, 13-5). Када се 1899. године први пут сусрео са архитектонским тимом да прегледа архитектонски пројекат, сугерисао је да је облик сале исувише издужен, да треба смањити њену запремину и додати другу галерију како би се испунио захтевани капацитет места за седење. Архитекте су пристале да направе одређене обликовне уступке у корист акустике. Хигинсонов акустички узор биле су стара сала Бостонске симфоније и Лајпцишке *Gewandhaus*. Сабин је на основу цртежа ових објеката израчунао њихово време реверберације, те су његове сугестије биле у циљу постизања вредности из опсега пређашњих узора. Тако су изнова створени некадашњи акустички услови, без да је изграђен истоветан архитектонски објекат (Thompson 2004, 42). Хигинсон је био веома задовољан резултатима, а медији су објављивали како позитивне тако и негативне критике (Thompson 2004, 52). Сабин је надаље добијао позиве широм земље да као акустички консултант сарађује на архитектонским пројектима.

Кроз пројекте аудиторијума дошло је до комплексног преплитања науке, архитектуре и музике. За разлику од Адлера, према коме је одговорност за постигнуте акустичке резултате новопројектоване сале требало да преузме архитекта, Сабин је показао да научни консултант треба да буде тај који је одговоран за коначну акустику простора (Thompson 2004, 45), верификујући тако уску повезаност архитектуре и акустике. То је даље омогућило да у оквиру примењене акустике почне да се развија област акустике просторија,

која проучава звучне појаве и психоакустичке ефекте у затвореном простору у циљу побољшања акустичких особина просторија. С обзиром да се у пракси то своди на обликовање и обраду ентеријерских површина, ова науча дисциплина данас се назива и архитектонска акустика (Kurtović 1990, 413).

Дакле, радом Воласа Сабина отпочело је поглавље савремене архитектонске акустике. Даљим развојем током XX века, формулисан је низ акустичких параметара којима се може описати и вредновати акустика одређеног простора. Сада ће се укратко представити савремено разумевање проблема везаних за звук у унутрашњем простору и акустички параметри који се најчешће користе.

Акустички проблеми у архитектури директно су повезани са човековим опажањем звука. Граница чујности – најтиши звук који човек региструје – на фреквенцији 20 Hz приближно је на нивоу од око 70 dB, док је на средњим фреквенцијама, на пример 1000 Hz, звук нивоа 70 dB за слушаоца прилично гласан, јер је граница чујности на овој фреквенцији око 5 dB. Према томе, звук исте објективне јачине на једној фреквенцији биће тек једва чујан, а на другој ће се доживљавати као прикладно гласан (Мијић 2001, 41). Услед ове нелинеарности људског чула слуха, акустички захтеви у архитектури могу се угрубо поделити на (1) физиолошке захтеве: довољна чујност – примерено висок енергетски ниво звучних појава неопходан за опажање и разумевање информације и (2) естетске захтеве: када се звук користи као изражајно средство (Мијић 2001, 12).

На графику 1 представљена је чујност звука у односу на његову фреквенцију и интензитет. Тако, 1% људи може да чује било који звук чији је интензитет изнад криве која је означена са 1%, 10% људи може да чује звук изнад криве означене са 10%, итд. Највиша крива представља интензитет на коме већина људи почиње да осећа бол (Johnston 2009, 237).

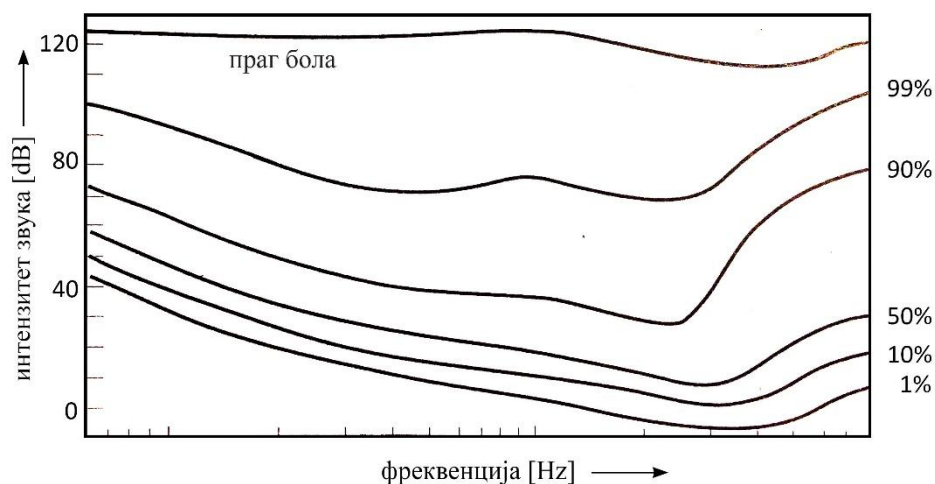
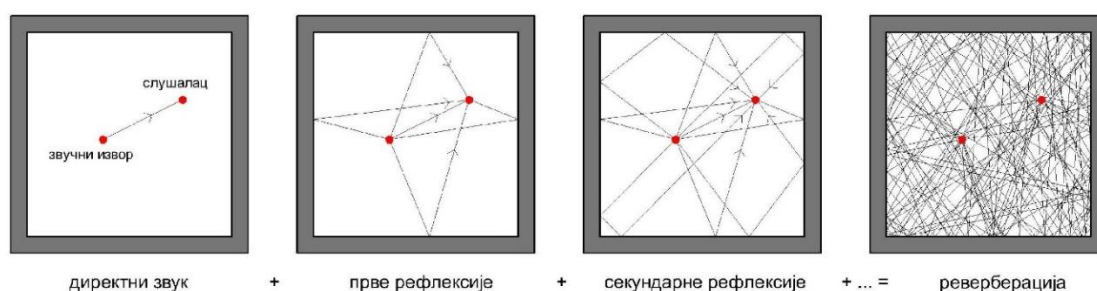


График 1: Опсег фреквенција на које је уво осетљиво, у зависности од јачине звука.

Извор: (Johnston 2009, 237)

Данас је познато да су са човековом перцепцијом звучног поља, поред времена реверберације које је дефинисао Сабин, повезане још и прве рефлексије, као и дифузност звучног поља. Прве рефлексије су компоненте звучне енергије које најкраћим путем прелазе растојање од извора до слушаоца, те су доминантно одређене геометријским особинама унутрашњости просторија. Оне су од изузетне важности и због физиолошких разлога, јер их унутрашњи механизам чула слуха интегрише са директним звуком у јединствену чујну сензацију, и на тај начин субјективно чини звук гласнијим.⁴⁹ Рефлектовани таласи у затвореном простору допуњавају боју звука и дају му карактеристичан призив (Слика 24), а доприносе и утиску о звучном рељефу, односно осећању удаљености појединих извора (Kurtović 1990, 130).

⁴⁹ Високи акустички захтеви, који су данас најделикатније дефинисани у области концертних дворана, описани су параметрима као што су време реверберације, нивоа амбијенталне буке, јасност, дефинисаност, инераурални кроскорелациони коефицијент, итд. (Мијић 2001, 95-6).



Слика 24: Графички приказ кретања звука у затвореном простору од звучног извора ка слушаоцу.

Извор: (Johnston 2009, 159)

Како је Сабин још показао, време реверберације такође зависи од апсорпције материјала коришћених у ентеријеру. Апсорбери звука који се данас користе у просторијама, могу се сврстати у три групе: (1) порозни материјали, (2) акустички резонатори и (3) механички резонатори.

Табела 8: Коефицијенти апсорпције појединих материјала.

Материјал	Фреквенција [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Мермер или глазиране плочице	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Зид од опеке	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Дрвени под	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Шпер на подконструкцији	0,60	0,30	0,10	0,09	0,09	0,09
Малтер на летвама	0,30	0,15	0,10	0,05	0,04	0,05
Тепих на филцу	0,08	0,27	0,39	0,34	0,48	0,63
Тешке завесе уз зид	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70	0,66
Плочице са влакнима трске, на бетону	0,22	0,47	0,70	0,77	0,70	0,48

Извор: (Johnston 2009, 163)

Вредности у табели 8 начелно указују на то да мекши материјали боље апсорбују звук и самим тим имају виши коефицијент апсорпције. Међутим, ова одлика значајно се разликује у зависности од фреквенција звука. Тако они материјали чији се коефицијент апсорпције повећава са фреквенцијом (*Treble absorbers* – сопрански апсорбери) имају грубе и порозне површине, прекривене ситним испупчењима и удубљењима или шупљинама (Johnston 2009, 163), те се називају *порозни материјали*. Код њих звук кратких таласних

дужина продире дубоко у бројне поре које су међусобно повезане у непрекинуту мрежу, где се услед великог трења звучна енергија губи, односно претвара се у топлотну енергију (Kurtović 1990, 415). Људи у публици су идеалан апсорбер кратких таласних дужина, јер су прекривени различитим тканинама са микро рељефом, косом, и сл., тако да они апсорбују већину фреквенција изнад 500 Hz. Мерења су показала да је просечна ефективна апсорбујућа површина, на 500 Hz, једне особе која седи око 0.5 m². Дакле, две особе апсорбују звук као један прозор величине 1 x 1 m. Насупрот томе, звучни таласи великих таласних дужина их не примећују, већ се понашају као да је реч о глатким рефлектујућим површинама.

Порозне материјале одликује општа особина да ефикасније апсорбују звук на вишим фреквенцијама. За апсорпцију звука на ниским фреквенцијама потребно је применити веома дебеле слојеве порозног материјала. Сходно томе, током историје развијане су посебне конструкције које су имале функцију апсорбера звука великих таласних дужина (*Bass absorbers*). То су акустички и механички резонатори.

Акустички резонатор води порекло још из античког доба, па се сматра најстаријим обликом ентеријерске конструкције са акустичком функцијом. То може бити свака конструкција начињена од довољно масивног материјала, која се састоји од затворене ваздушне коморе на којој се налази релативно мали отвор, при чему је важна искључиво запремина, али не и облик коморе. На месту отвора може бити придодата дужа или краћа цев довољно масивних зидова. Површина отвора, односно цеви, требало би да буде једини пут којим звучна енергија може ући и изаћи из унутрашњости резонатора. У тој функцији су се кроз историју користили различити керамички судови, такозвани акустички судови о којима је писао још Витрувије, а данас се користе перфориране плоче које се постављају на извесном растојању од масивног зида. Енергија из звучног поља кроз отвор суда доспева у унутрашњост резонатора, где одржава његове сопствене осцилације. Са аспекта просторије у којој се налази, резонатор делује као звучни апсорбер јер одузима енергију из звучног поља и у својој унутрашњости је претвара у

топлотну енергију. Апсорпција се испољава само у околини резонантне фреквенције самог резонатора, која зависи од габарита коморе и димензија отвора. Дакле, рад акустичког резонатора је иако ефикасан, ипак веома селективан. Еластичност ваздуха као физичка појава има своју функцију у унутрашњости коморе акустичког резонатора, као и инерција молекула ваздуха која је последица њихове масе. Спољашње звучно поље изазива кретање молекула ваздуха које се манифестује сабијањем молекула у комори. Инерција ваздуха у отвору и еластичност ваздуха у комори у међусобној су интеракцији, чији је резултат осцилација у ваздуху унутар резонатора.

Механички резонатор се поставља на одговарајућу подконструкцију, а састоји од дрвене или гипсане масивне плоче – мембране, и ваздушног простора иза ње. Под дејством звучног поља плоча се побуђује на механичке вибрације и део звучне енергије из ваздуха прелази на механичку енергију осциловања плоче, која се даље претвара у топлотну енергију. Механички резонатор има улогу апсорбера само на ниским фреквенцијама. У црквеној архитектури то су на пример дрвене облоге, олтарска преграда, клупе, столови, итд. (Мијић 2000).

Важно је нагласити да је време реверберације акустички параметер који у највећој мери утиче на перципирање музике у одређеном архитектонском простору. Уобичајено се посматра време реверберације за 500 Hz, јер је то *„средња фреквенција опсега у коме је понашање просторије најмање зависно од дисипације у ваздуху и екстремних појава на најнижим фреквенцијама“* (Мијић 2000). Са повећањем ефективне апсорбционе површине у одређеном простору, време реверберације се смањује. То такође зависи и од интензитета амбијенталног звука, која зависи од запремине простора. Ако је простор велики, звучна енергија распоређена је по њему и може се само полако апсорбовати, односно време реверберације је у том случају одговарајуће дуго. Примера ради, готске катедрале, запремина преко 100000 m³, саграђене од камена – чврстог рефлектујућег материјала, често имају време реверберације 7-8 s, па све до 13 s. Груба обрада камена добро апсорбује високе фреквенције, тако да су ниски тонови више наглашени, и дају „тамну“ боју звука. То је

свакако оно што по инерцији очекујемо од узвишене, застрашујуће готске архитектуре. Ликовни утисак пресликава се у звучни, и обрнуто. Међусобно се допуњавају и утичу на интегрални доживљај архитектонског окружења. Са овако дугим временом реверберације, у простору готичке катедрале могуће је изводити искључиво музику спорог темпа, без брзих модулација. Овој архитектури било је посве примерено грегоријанско појање – једногласно литургијско певање на латинском језику. Чак и у време врхунца класичне полифоније музика је неговала ове особине спорог темпа и суптилних хармонијских промена. Пример тога је Палестрина *Missa Papae Marcelli* из 1561. године (Johnston 2009, 167). Акустичке одлике оваквих простора модификоване су са присуством великог броја људи. Тако се скраћивало време реверберације, али само за високе фреквенције, што је наглашавало неуравнотеженост између ниских и високих фреквенција. Услед тога долазило је до неразумљивости појања, као на пример у базилици Светог Петра у Риму, у којој је током једне од највећих верских церемонија измерено време реверберације 3,5 s (Johnston 2009, 167).

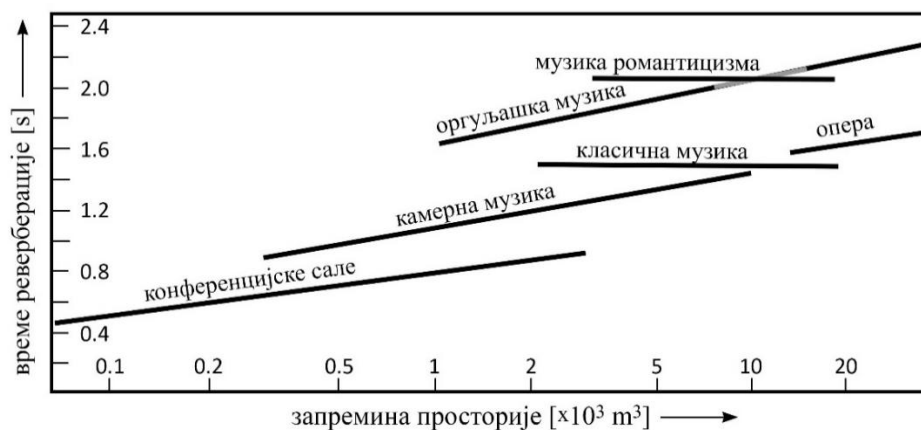


График 2: Оптимално време реверберације за фреквенцију 500 Hz у зависности од запремине и намене простора. Извор: (Johnston 2009, 165)

Катедрале грађене у барокном стилу биле су значајно мањих запремина у односу на готичке, свега око 20000 m³. У ентеријерима су пројектоване велике дрвене површине – хорске галерије, црквене клупе, бочни олтари,

зидне облоге са богатим рељефом, доприносећи тако значајном скраћивању времена реверберације. У оваквом акустичком окружењу, извођења полифоне музике постала су беспрекорно јасна. То је омогућило и развој разноликих врста музике у којима је важно да се различите деонице чују засебно, а не да се стопе једна са другом. Пример такве музике је Бахова *Токата и fuga у d-молу*. Да би се јасно чуле четири различите мелодијске линије на оргуљама, требало је најпре да се створе одговарајући архитектонско-акустички услови, односно да се значајно смањи време реверберације у односу на ранији градитељски период. Камерна музика барока и класичног периода извођена је у салонима и балским дворанама палата, које су биле запремина око 1000 m³, али веома богато украшене дрветом и орнаментима израђеним у малтеру. Време реверберације оваквих простора је око 1 s, а њихова акустика описивана је као сјајна, свежа и јасна, као и музика која се за њих наменски компонована. На пример, Вивалдијева *Четири годишња доба* повремено имају по 16 различитих тонова који звуче једновремено, од који сваки треба јасно да се чује. Наиме, акустичке одлике простора омогућиле су да се јасно разлуче боје различитих музичких инструмената, те да се оваква музика уопште развије. Са повећањем заинтересованости публике за оркестарска извођења, у другој половини XVIII и у XIX веку, почеле су да се пројектују значајно веће концертне сале. Сала у којој су Моцарт и Бетовен чули извођења већине својих дела, *Redoutensaal* у Бечу, имала је запремину око 10000 m³, а време реверберације 1,4 s. Било која од Бетовенових симфонија може послужити као пример снажног контраста између целина у којима појединачни инструменти свирају мелодије у себи својственој боји, а онда их цео оркестар стапа у велики врхунац. Тај процес стапања у музичком делу ослања се на акустичке одлике концертне дворане која треба да потпомогне стапање индивидуалних звукова. Имајући све наведено у виду, Данијел Пикам (Daniel Pinkham) је 1962. године за проверу акустике аудиторијума компоновао дело под именом *Catacoustical Measures*. Ова композиција садржи велики број кратких оштрих дисонанци, потребних за описивање акустике одређеног простора (Johnston 2009, 166-9).

Дифузност звучног поља описује у којој мери равномерно из свих праваца звучна енергија доспева у сваку тачку простора. За разлику од времена реверберације ово својство звучног поља нема свој општеусвојени нумерички еквивалент. Дифузност звучног поља одређеног простора подешава се облицима граничних ентеријерских површина, које могу имати двојаку намену: као акустички рефлектори или као акустички дифузори. Акустички рефлектори су масивне равне или закривљене површине, које својим рефлексијама усмеравају звучну енергију у жељеном правцу. Акустички дифузори су одговарајуће рељефне форме на површини зида које имају улогу распршивања звучне енергије при рефлексији, постижући тако дифузност, односно равномерност праваца из којих звук наилази на слушаоца. Ефикасност у распршивању звучне енергије може бити велика само када су димензије рељефних форми поредиве са таласним дужинама звука или веће од њих. Па тако, гипсани радови у салама, који су по правилу релативно плитки, могу распршивати звук само на високим фреквенцијама, док крупне геометријске форме галерија и ложа делују као дифузори и на најнижим фреквенцијама. Из тог разлога, као један од пројектантских захтева у архитектури дефинишу се и неопходни габарити у унутрашњем простору (Мијић 2001, 95-105).

Квалитет говорне комуникације или разумљивост говора, данас се објективно квантификује преко појединих мање или више егзактних параметара, као што су *Индекс преноса говора* (STI – Speech Transmission Index, RASTI – Rapid Speech Transmssion Index), *Артикулациони губитак консонаната* (AL_{cons} , Articulation Lost of Consonants) и *Логатомска разумљивост* – субјективни параметар који подразумева слање посебно формираних речи без смисла које се називају логатоми (Мијић 2001, 38-9). Такође су развијени стандарди за оптималне нивое ових параметара који ће обезбедити чујност свих компоненти одређеног звука (Мијић 2001, 41).

Субјективни став слушаоца је суштинско мерило квалитета акустичког поља. Теоријски постоји једна бројна вредност времена реверберације за целу просторију. Овај акустички параметар квантификује брзину опадања звука,

што је важно за субјективну оцену акустичког амбијента. Уколико је време реверберације веће, са истом акустичком снагом постиже се већи ниво звука и он спорије ишчезава. Поред стандардног параметра T_{60} , некада се мери и мање опадање звука за 20 dB, 30 dB, 50 dB, односно T_{20} , T_{30} , T_{50} . Просторија се као преносни систем описује импулсним одзивом, који се графички представља ехограмом. Временска структура импулсног одзива може се поделити на неколико основних компоненти (График 3):

- (1) директан талас (директан звук);
- (2) временски интервал Δt од директног звука до стизања прве рефлексije – зависи од димензије просторије и положаја звучног извора и слушаоца;
- (3) структура групе првих рефлексija;
- (4) реверберација – мноштво рефлексija чија је статистичка расподела по правцима најлакша на слушаоца релативно униформна, а густина компоненти на временској оси довољно велика, те се не могу доживети као независне звучне појаве; утиче на субјективни доживљај гласности, али превасходно има естетску функцију; описује се параметром времена реверберације (Мијић 2000).

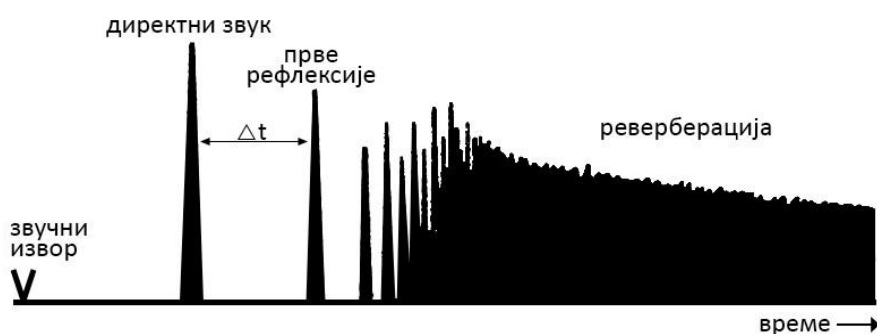


График 3: Импулсни одзив. Извор: (Johnston 2009, 160)

Експериментално је потврђено да када је звучни одзив оцењен као оптималан од стране слушаоца, онда га заправо карактеришу сличне објективне одлике. Другим речима, субјективни ставови у оцени звучног поља појединог унутрашњег простора директно су повезани са физичким

манифестацијама у нервном систему, па је то један од индикатора веза између субјективног и објективног у домену акустике (Мијић 2000). Време реверберације даје само грубу процену, али не и детаље акустичких услова у једном простору. Издвојени одјек јавља се када рефлексија касни за директним звуком преко 50 ms. То је пожељно када је, на пример, реч о музици, па су добродошле и рефлексије које касне и до 100 ms, али под условом да слушацац прими и ране рефлексије како се не би јавио одјек. Данас је прихваћено опште правило да *„у доброј сали на свако место треба да стигне бар једна рефлексија чији пут није дужи од пута директног таласа за више од 8 до 10 m“* (Kurtović 1990, 440).

Од 1922. до 2004. године дефинисано је чак 46 акустичких параметара који са различитог становишта (времена, енергије, простора, позорнице, говора) описују звучно поље простора (Lacatis et al. 2008). Са оваквим развојем архитектонске акустике дошло се до дефинисања акустичких стандарда за различите просторе. Беранек је средином XX века истражио 54 концертне и оперске дворане у свим деловима света и установио оптималне вредности акустичких параметара у зависности од намене простора и периода у којима су одређена дела стварана, јер су управо промене у акустици јавних простора усмеравале развој музике. Примера ради, Ј. С. Бах познавао је разлику између *живе* акустичности Цркве Св. Јакова у Либеку, у којој је компоновао за оргуља, и *суве* акустике Цркве Св. Томе у Лајпцигу за коју је компоновао, на пример, Пасију по Матеју (Beranek 1962, 31). Субјективним вредновањем сала Бостонске симфоније оцењена је као врхунски домет архитектонске акустике, уз бечку *Grosser Musikvereinssaal*, амстердамску салу *Concertgebouw*, салу Берлинске филхармоније и Карнеги хол у Њујорку (Мијић 2001).

4.0 АРХЕОАКУСТИЧКА ИСТРАЖИВАЊА

Када се разматрају проблеми архитектонске акустике кроз историју, важно је истаћи да се они односе искључиво на звучне ефекте који су се јављали у унутрашњим просторима оних објеката за чију намену је акустика била од кључног значаја. Стога су акустички записи уграђени у архитектуру протеклих епоха, једнако оправдан документ у историографском истраживању, које је пак превасходно засновано на визуелним актима – писаним, ликовним или фотографским (Muller 2012). Током последњих деценија XX века под окриљем археологије почела је да се развија област која се бави истраживањима у домену звука. Археоакустика или археологија звука јесте мултидисциплинарна област у оквиру које се путем акустичких, археолошких, архитектонских, музиколошких и других истраживања тежи реконструкцији делова звучне слике прошлости и „озвучавању“ доскора потпуно немих археолошких артефаката. Другим речима, археоакустика је област која се бави акустичким истраживањем архитектонског наслеђа. Њен основни задатак је да истражи звучне одлике историјских простора и реконструише оновремене потребе и могућности интенционално обликовања звучног поља. Прихватањем акустичких налаза попут било којег другог историјског документа, археоакустичка истраживања доприносе археолошком тумачењу културног наслеђа. Кроз акустичке студије археолошких локалитета, приближавамо се разумевању типа извођачке активности која је могла да се дешава у одређеном простору. С обзиром да однос звука и простора спознајемо кроз културно и образовно окружење, важна сазнања долазе и из области антропологије звука (Feld & Brenneis 2004). Заснована на аудио снимањима, антропологија звука доприноси спознаји богатог акустичког окружења⁵⁰ једне заједнице или догађаја, начина на који чланови те заједнице користе звук и стварају представе о простору и животу у њему.

⁵⁰ *Soundscape* – кованица коју је 60-их година XX века сковао Мареј Шафер (R. Murray Schafer), покушавајући да анализира одређене звуке својствене за поједине периоде и места.

Пионирски радови у области археологије звука (Reznikoff & Dauvois 1988; Waller 1994; Watson & Keating 1999) допринели су популаризацији акустике у археолошким истраживањима. У оквиру пројекта ERATO (*Identification, Evaluation and Revival of the Acoustical Heritage of Ancient Theatres and Odea*, 2003-2006) истраживачи су се бавили вредновањем акустичког наслеђа античких позоришта и одеона, и по први пут омогућили значајан број радова који су кроз рачунарско моделовање истражили акустику ових важних простора антике (ERATO 2003). Пројекат ATLAS био је усмерен на истраживање акустичке подршке за савремено коришћење простора античких позоришта (ATLAS 2005). У фебруару 2014. године одржана је прва међународна мултидисциплинарна конференција на Малти, која је имала искључиви фокус на област археоакустике. Тако је дошло до тематског раздвајања истраживања звука у прошлости од веома широке области коју обухвата акустичка наука. На овој конференцији истакнуто је да је крајњи циљ археоакустичких истраживања да се установи да ли постоји континуитет у креирању звучног поља почевши од праисторијских пећина, преко мегалитских структура, античких позоришта и одеона, па до сакралне архитектуре свих историјских периода (Reznikoff 2014).

Формирање научних области попут археоакустике указује на освешћивање штетности свеопштег уситњавања и диференцијације наука и целокупног људског стваралаштва. Повратак мултидисциплинарном приступу одсликава снажну потребу за интеграцијом наука, јер „*великој науци су неопходни главни инструменти велике уметности: емоција, интуиција, осећање за лепо (...) стваралачка енергија која не зна за поделу по дисциплинама*“ (Gostuški 1968, 25). Археоакустика је по својој природи мултидисциплинарна, интердисциплинарна и кросдисциплинарна област, која подразумева сарадњу стручњака из дисциплина попут музике, археологије, акустике, архитектуре, студија звука, антропологије, етномузикологије, студија културе, и сл. (Till 2014). Важно је истаћи да се из угла појединих дисциплина археоакустика може чинити као исувише једноставна и самим тим ирелевантна. Тако Тил наводи да се, на пример,

акустичарима може чинити да се користе рутинска акустичка мерења и да се тиме не доприноси сазнању, али да се на тај начин, кроз мултидисциплинарну сарадњу, ствара знање у другим научним дисциплинама или између дисциплина (Till 2014).

Формирању археоакустике претходило је досезање одређеног нивоа развоја акустичке науке и технологије. Као што је показано у поглављу 3.1.5, тек у XX веку дошло се до математичке формулације акустичких параметара којима се квантификује субјективни доживљај звука у простору. Ипак, у археоакустици још увек не постоје општеприхваћене теорије и методологије, а самим тим ни базе података на основу којих се могу вршити поређења (Zubrow 2014). Према до сада спроведеним археоакустичким истраживањима, примењене истраживачке методе начелно се могу поделити у две групе: (1) акустичко мерење *in situ* и (2) испитивање модела. Како би се приступило било којој од ових метода најпре је неопходно спровести детаљно историографско истраживање, које подразумева архивско претраживање података о самом објекту, коришћеној опреми и материјалима у ентеријеру, али и о намени простора, односно типу и својствима извођења, религијским обредима, позицији извођача и слушаоца, као и о броју људи који су присуствовали представама, церемонијама или обредима. Стога је потребно приступити истраживању литературе из области теорије архитектуре, историје и филозофије природних наука (нарочито физике тј. акустике), музикологије, антропологије, лингвистике, итд.

Акустичко мерење *in situ* засновано је на снимању звучне побуде у одређеном простору. Звучна побуда може бити вокална, плеском длана о длан, певањем, коришћењем једноставних ударачких инструмената, или пак софтверски генерисана. Резников, који се често назива „оцем археоакустике“, верује да је вокална побуда у случају праисторијских пећина потпуно примерена, јер је човек праисторије акустички спознавао простор користећи искључиво свој глас (Reznikoff 2008). Међутим, ова метода није много поуздана, јер је тешко звучно побудити простор овим путем на исти начин и у истим условима. Из тог разлога, оваква акустичка мерења често се користе као

помоћна метода, на основу којих се не добијају потпуне информације о звучној слици одређеног простора, али се на једноставан начин стекне пресек акустичке слике у простору – разлике у зависности од позиција слушаоца, звучног извора, и сл. Значајно поузданији метод *in situ* акустичког мерења добија се коришћењем специјализоване акустичке опреме – звучника, микрофона, звучне карте и одговарајућег рачунарског програма помоћу кога се генерише звук (синусни сигнал, бука, импулс, и сл.), који се затим снима на различитим позицијама и коначно анализира. На тај начин добијају се акустички параметри који квантификују акустичке одлике простора, а снимање се може поновити у истим условима и на контролисани начин, уколико има потребе. Овај приступ спроведен је на локалитетима од праисторијских пећина (Reznikoff & Dauvois 1988; Reznikoff 2014; Reznikoff 2008), петроглифа (Waller 1994), мегалитских храмова (Debertolis & Bisconti 2014), гробница (Jahn et al. 1995), кромлеха (Watson & Keating 1999; Till 2010), античких позоришта (Rindel 2011a; Gade & Angelakis 2006; Sato et al. 2002) и сакралне архитектуре средњег века и каснијих градитељских периода (Elicio & Martellotta 2015; Suárez et al. 2014; Zamarreño et al. 2008; Alvarez-Morales & Martellotta 2015; Cirillo & Martellotta 2007).

Акустичко испитивање тродимензионалних модела омогућава реконструкцију простора какав је био у одређеном историјском тренутку, а на основу претходно извршеног историографског истраживања. Овим путем могуће је добити звучну слику простора који су данас само делимично очувани, али нам је познато како су изгледали у прошлости. Моделовање простора може бити у виду прављења макета у одређеној размери или рачунарско моделовање. Акустичко испитивање макета такође захтева и пропорционално прилагођавање звука размери саме макете. Насупрот томе, рачунарски модел је далеко једноставније направити и испитати у самом софтверу. Овај метод омогућава релативно брзу промену параметара као што су својства материјала, присуство публике у простору, или различите фазе изградње и уређености унутрашњег простора грађевине. Рачунарски модел може се калибрисати на основу акустичких параметара добијених *in situ*

мерењем, уколико је објекат очуван (Martellotta et al. 2008; Alvarez-Morales & Martellotta 2015). Предности овог рачунарског метода су:

(1) могућност поређења акустике различитих објеката, тако што се могу користити истоветни параметри извора и пријемника;

(2) могућност истраживања акустике различитих фаза објеката, било да се они данас налазе у рушевинама или су дограђивани током историје, и сл.; на тај начин, уочавају се акустичке промене током живота архитектонског објекта или археолошког локалитета (Suárez et al. 2005);

(3) могућност аурализације, која подразумева репродукцију звука у било којој тачки простора, и то управо онако како би га слушалац чуо, те тако омогућава тренутно поређење звука у различитим просторима;

(4) могућност детаљног праћења путања одбијања звучних таласа, за разлику од *in situ* мерења (Vassilantonopoulos & Mourjopoulos 2003);

(5) могућност сагледавања утицаја публике на акустичких одлика простора (Martellotta et al. 2008; Alvarez-Morales & Martellotta 2015).

Овим путем се такође може доћи до закључака о утицају геометрије простора на звучно поље. Рачунарско моделовање веома је важно за испитивање акустике античких позоришта (Rindel 2011a; Rindel 2011b; Iannace et al. 2011; Chourmouziadou & Kang 2008; Vassilantonopoulos & Mourjopoulos 2003) и одеона (Karadedos et al. 2011; Berardi et al. 2015), као и сакралне архитектуре (Martellotta et al. 2008; Suárez et al. 2014; Alvarez-Morales & Martellotta 2015; Suárez et al. 2015).

„Археоакустика је поље које је било подстакнуто технолошким развојем, али сада постаје све више установљено са софистицираним каноном знања.“ (Till 2014)

На основу периода развоја човечанства и њему одговарајућег архитектонског програма у коме су акустичке одлике биле од значаја, разнолика археоакустичка истраживачка питања могу се поделити на укупно пет основних група. Приликом истраживања звука праисторијских простора примарно се постављају хипотезе да звучне одлике простора одређују сврху

уметности и архитектуре, као што су: (1) лоцирање и садржај пећинске уметности и (2) намена праисторијских простора. Од античког периода, са постављањем математичких основа музичке теорије и заснивањем науке о звуку, може се у извесном смислу говорити о пројектовању акустичких својстава унутрашњих простора, при чему су основна истраживачка питања: (3) геометрија античких позоришта и одеона, (4) технологија акустичких судова и (5) акустичка својства сакралне архитектуре различитих градитељских периода.

Имајући у виду кровни циљ археоакустичких истраживања – утврђивање акустичког континуитета у градитељству од пећина и мегалитских храмова праисторије до сакралних објеката нашег времена – у даљем раду најпре су представљена археоакустичка истраживања праисторијских локалитета (поглавље 4.1), као најстаријих аудио записа и својеврсних материца акустичке културе. Затим су, као основно полазиште за разумевање акустике античких позоришта, анализирани акустичко-геометријске препоруке Марка Полија Витрувија и дат је пресек археоакустичких истраживања на ову тему (поглавље 4.2). Коначно, представљено је истраживање односа звука и архитектуре у сакралној архитектури средњег века. Археоакустичка истраживања су у том смислу усмерена на две теме: (1) однос литургије, архитектуре и акустике унутрашњих сакралних простора, уз коришћење метода *in situ* акустичког мерења и/или рачунарских акустичких симулација, и (2) истраживање порекла, преношења и делотворности традиције акустичких судова која је била распрострањена широм средњовековне Европе (поглавље 4.3).

4.1 Археоакустика праисторијских простора

„Мисао да је човек примарно животиња која израђује оруђе, те да свој душевни развој захваљује дугом науковању при изради оруђа и оружја, ласка таштини модерног „технолошког“ човека, те сабласти заоденуте жељезом.” (Mumford 1986, 25)

4.1.1 Одабир места и садржај пећинске уметности

Културно обликовање човека започело је откривањем његове изворне природе. Један од основних покретача целокупног развоја лежи у потреби примитивног човека да искористи снажно активни нервни систем и на тај начин уобличи своје биће. Стварајући симболички универзум смисла, сликарство се, као и језик, плес и песма, одвојило од ритуала. Тај нови свет боја и облика трансцендирао је естетске границе предмета у природи, неизбежно укључујући и човекову властиту личност. Сходно томе, све уметности изворно су биле посвећене, а човек је био вољан да се жртвује за естетску савршеност не би ли се сјединио са светим силама. Пећине су му обезбедиле први увид у могућност симболичке архитектуре (Mumford 1986).

Развијајући се кроз редукцију димензионалности – од скулптура, преко дубоких и плитких рељефа – палеолитска уметност кулминирала је у пећинским цртежима (Lyons 1967). Рођење ликовне уметности обично се везује за период млађег палеолита – претежно за орињачку и мадленску, а у мањој мери за солитрејску епоху (Gavela 1988, 89). Узроци зачетка ове уметности, као и теме које је обрађивала, остају предмет научних дискусија. Теорија „игре“ аргументује став да је палеолитска уметност стварана ради уметности саме, а да су те најраније представе животиња, слободно дислоцираних без природног окружења и без обзира према међусобним односима, величини и позицији, биле последица ране фазе менталног развоја човека, неоптерећеног конгитивним размишљањем (Halverson et al. 1987). Са друге стране, теорија утилитарности образлаже потребу за практичном применом уметности, као што је, на пример, обезбеђивање доброг улова кроз

магијско посвећивање цртежа (Lyons 1967). Међутим, ова теорија коришћења магијских слика зарад привлачења успеха и среће у лову не објашњава њихово необично лоцирање, као ни обрасце декорисања пећина (Waller 1994).

Локације за осликавање у праисторијским пећинама пажљиво су одабирани. То су често уски пролази и тешко приступачне одаје, значајно удаљене од улаза у пећину. Елијаде сматра да тако отежан приступ пећинској уметности доприноси божанском карактеру праисторијских пећина, те стога закључује да су се оне сматрале неком врстом светилишта (Elijade 1991, 21). Осећај *светости* може бити доказ нагонског осећања да су осликане праисторијске пећине била важна религијска места (Jung et al. 1987, 234). У прилог важности одабира локације, говори и чињеница да су поједине галерије, делови зидног платна и сводова пећине више пута коришћене за осликавање, те данас неретко налазимо преклопљене цртеже.

Осамдесетих година XX века први пут је изложена теорија да се лоцирање пећинске уметности може објаснити звучним одликама места на којима се налазе пећинске слике, односно да су аудиторне илузије биле могућа мотивација за најраније уметничке дomete човечанства (Reznikoff & Dauvois 1988). Како би се ова теорија потврдила или пак оповргнула неопходно је да се изврши статистичка студија на релевантном броју локалитета. Томе свакодневно доприносе археоакустички тимови широм света.

У својим студијама Резников је пошао од тога да акустичко истраживање праисторијских простора има смисла само уколико се простор није значајно физички променио, а самим тим ни акустички (Reznikoff 2014). Као што је већ речено, његова истраживања су вокална и заснивају се на одређивању резонанце простора. Резников користи звук као сонор, како би помоћу резонанце одредио из ког правца, са које удаљености и у ком интензитету се враћа *одговор* пећине. Полазећи од претпоставке да је шаманска пракса била превасходно вокална, Резников користи мумлање мушког гласа у одређеном

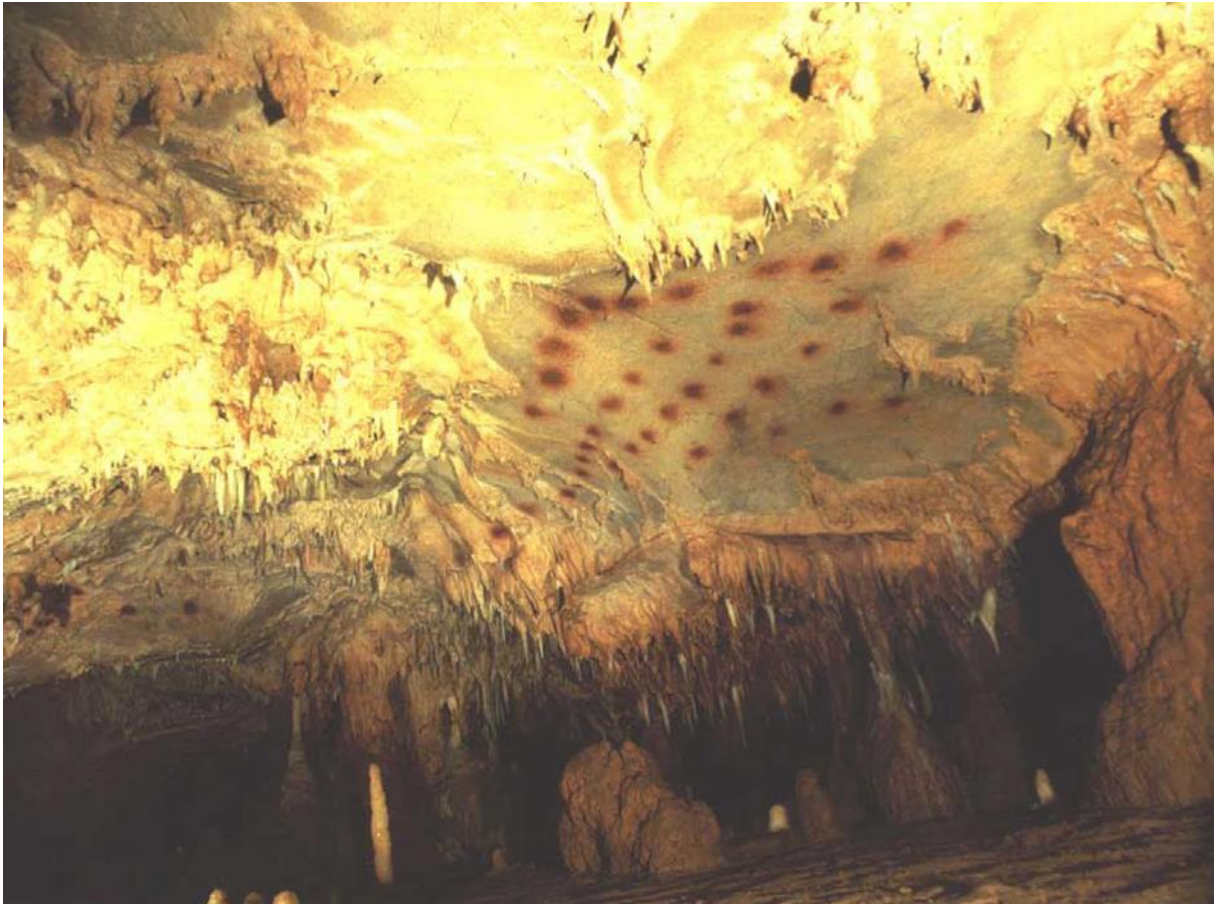
опсегу. Под *добрим одговором* пећине подразумева постојање *јакe резонанце*⁵¹, односно испуњење једног од следећа четири услова:

- (1) иницијални звук се појачава за више од 10 dB,
- (2) звук траје дуже од 3 секунде,
- (3) резонанца и вибрација се чују даље од 25 метара,
- (4) ехо се јавља најмање пет пута.

На основу одређивања резонанце пећина, која зависи од геометрије простора и материјала тла, зидова и сводова, Резников је у својим студијама закључио да се преко 80% цртежа налази недалеко од места резонанце и да је њихова густина пропорционална интензитету и богатству резонанце. Такође, нашао је да су идеална резонантна места без изузетка украшена цртежима и знацима. Осликавање извесних знакова, на пример окер-црвених тачака (Слика 25), служило је као оријентир у уским пролазима и засад се може објаснити искључиво резонанцом. Другим речима, резонанца простора је једини начин да се одреди дужина и дубина пећине, при чему кретање у правцу најснажнијег *одговора* пећине води управо до локације слика (Reznikoff 2008).

Приликом објашњавања пећинске уметности, истраживачи су разматрали и питање психоакустичких ефеката који су се јављали у пећинама. Примера ради, у пећини Капова (La Salle des Peintures) ехо се јавља до 8 пута (Reznikoff 2010). Јасан и чист ехо може да учини да осликани ликови изгледају као да говоре, јер када постоји довољни временски заостатак, додатни сигнал јавља се као психоакустички догађај независан од почетног импулса, што доводи до интерпретација као што су *духови у стени* и слично (Waller 2002).

⁵¹ Резонанција је физичка појава која настаје када се учесталост спољашње силе која узрокује осцилације подудара са учесталошћу резонантне фреквенције система. Када се једанпут побуди, резонантни систем може самостално да осцилује још неки одређени временски период у зависности од физичких услова.



Слика 25: Црвене тачке на таваници недалеко од улаза у пећину у Пеш-Мерл у Француској означавају зону својственог акустичког значаја. Извор: (Errede 2010)

Михаило Петровић Алас је митове сматрао посебном врстом пресликавања, при којој се свет факата пресликава у један фиктивни свет у коме натприродна бића „стварају догађаје тако да их наивна свест може посматрати лакше но самим посматрањем и свесном анализом, а у исти мах и тако да и афективна страна добије при томе свој део“. У потреби да изрази утиске о бројним аспектима спољног света, човек је то чинио путем слике везане за нешто конкретно и импресивно (Петровић 1998, 197)⁵². Тајанствене одлике звука људи праисторије објашњавали су натприродним. Када се удара каменом о камен, као приликом клесања каменог оруђа, ехо који се ствара

⁵² Петровић даље пише да се митолошко пресликавање провлачи кроз целокупно сазнање: „Шта су нпр. данашњи научни антители него митолошки антители ослобођени свога спољњег мистичног руха и натприродности, са проширеним областима и људски схватљивијим начинима својих интервенција? (...) натприродност је замењена нечим бар привидно схватљивијим, а што се у ствари опет не зна шта је по својој суштини (Петровић 1998, 199).“

асоцира на ударе копита галопирајућих коња. Полазећи од статистичке студије која је показала да је више од 90% фигуративне уметности млађег палеолита укључује копитаре (Leroi-Gourhan 1967), Валер је установио да се рефлексije звука јављају или као удаљени ехо налик појединачним ударима копита или као громогласна реверберација која асоцира на стампедо копитара (Waller 1994). Евроазијски митови о боговима грмљавине описују гром као ударе копита. Валер такође истражује везе између уметности на стени, као локација на којима се јавља ехо, и персонификованих представа еха у митовима – у облику змије, гуштера или птице у Америци, копитара у Европи, слона у Азији, итд. – јер се ехо у митовима често описује као духови који дозивају из стене (Waller 2014; Waller 2012). Другим речима, Валерова истраживања су такође под окриљем горе поменуте Резниковљеве теорије. Он снима звук и тумачи добијене спектралне анализе еха на локалитетима широм света на којима се јавља уметност на стени, а онда их даље тумачи у складу са локалним митовима (Waller 2012).

Психоакустички ефекти истражују се нарочито у просторима у којима се обављала комуникација са другим светом посредством ритуалних пракси. Побуђивањем резонанце пећине, цело тело вибрира скупа са осликаном галеријом, те на тај начин, гледалац путем звука остварује комуникацију са осликаним животињама, земљом,⁵³ *Невидљивим*, узимајући тако учешће у нестварном свету представљених објеката. Протојезик ритуала створио је строги образац реда који се даље преносио и у друге изразе човекове културе. Део ритуала, као урођених значења, препознаје се и у дечијој психологији: потреба за понављањем, склоност стварања групе чији се чланови међусобно одазивају и опонашају, уживање у разиграном осмишљавању и представљању привида. У развоју човека, ритуал представља најранији наговештај људског говора и најранији облик посвећеног рада. Успостављајући заједничку емоционалну реакцију која је човека чинила спремнијим за свесну сарадњу, изворна сврха ритуала била је у стварању реда и значења помоћу све већег

⁵³ Зато Резников овај вид комуникације назива земаљским значењем звука.

броја формализованих репетативних радњи. Управо то Мамфорд сматра основном за целокупни развој људске културе (Mumford 1986). Дакле, сам простор у коме се изводи ритуал имао је специфичан значај, као свето место на коме се може направити пробој између физичког и духовног света, где несвесни ум постаје пријемчивији за информацију. У одређеном стању ума дух места – *genius loci* – може довести до освешћивања информације при продирању у несвесно, а да его није свестан ове размене (Devereux 1997). Свето место може се спознати у стању налик сну, јер сан је човеку дао први наговештај да му искуство сеже даље од онога што очи виде (Mumford 1986). Ритуална пракса *incubatio* користила је одсуство светла и буке у праисторијским пећинама и мегалитима. Основна намера била је да се боравећи током дужег периода у пећини, кроз сан прими нека врста откровења, инспирације или излечења. У својој студији Беноцо полази од становишта да етнофилолошке студије пружају једини материјални доказ за постојање *incubationes* у праисторији. Пећине идентификује као типична и архетипска *места за сањање* (Benozzo 2010), што такође говори у прилог објашњењу зашто су се ове праисторијске локације сматрале и осећале као света места, иако су биле потпуно заборављане и наново откриване током историје човечанства.

Овакве промене стања свести могле су бити изазване и репетативним звуком у праисторијским просторима. Ритам, елементарни културни феномен који је на изванредан начин примаран у односу на мелодију, доноси снажно органско задовољење, а веома га је лако произвести ударањем. Ритам такође наговештава природу кретања – галоп, ход или скакање. Имитацију звукова из природе – режање, завијање или пој птица – Резников назива *анималним нивоом звука*, при чему истиче да је за преживљавање праисторијског човека било нужно истанчано опажање места извора и боје одређеног звука. Шамани су користили бубањ, гонг, звоно и остале ударачке инструменте како би успоставили комуникацију са другим светом (Needham 1967). За мењање стања свести путем перкусија коришћене су звучне карактеристике пећина и

мегалитских структура, при чему су нарочито погодне локације на којима се јавља ехо (Waller 1994).

Пројекат *Песме пећина – акустика и праисторијска уметност у пећинама Шпаније* бави се истраживањем акустике праисторијских осликаних пећина у северној Шпанији. Циљ пројекта је да се акустичким мерењима испита теза коју су поставили Резников и Довуа (Reznikoff & Dauvois 1988) да су пећинске слике позициониране на местима са јако израженим акустичким ефектима – резонанцом, реверберацијом и ехом, односно да се коришћењем научног метода (а не вокалне студије) установи постоји ли веза између позиционирања слика и звучних ефеката у праисторијским пећинама. Пројекат укључује пећину *Алтамира*, *Тито Бастиљо*, *Ел Кастиљо*, *Ла Пасиега*, *Хименес* и *Ла Гарма*. Пројектом је предвиђено да се све пећине систематски мапирају снимањем импулсног одзива, а затим да се помоћу статистичког софтвера изврши квантитативна процена повезаности вредности акустичких параметара и локација пећинских слика. Пројекат такође укључује и квалитативну процену акустике простора, и то помоћу снимања извођења у пећинама на музичким инструментима из одговарајућег преисторијског периода. Детаљи пројекта и ажурирани резултати истраживања могу се наћи на интернет страници <https://songsofthecaves.wordpress.com>. Важно је истаћи да је овај пројекат настао као резултат сарадње “Acoustics and Music of British Prehistory Science and Heritage Research Cluster” (2009), у оквиру које је по први пут дефинисана методологија и истраживачка питања у области археоакустике праисторије. Ова мрежа такође редовно објављује резултате из области, а може им се приступити на интернет страници <https://ambpnetwork.wordpress.com/>.

Сви поменути истраживачи акустике праисторијских локалитета залажу се такође за очување аудио-визуелних одлика ових простора, како се не би нарушили ти веома добро очувани, најстарији „аудио записи“.

4.1.2 Мегалитске структуре

Умножавање магијских пракси и развијање окултних дисциплина, поготово астрологије, умногоме је одредила архитектонски програм праисторије. За разлику од стамбене архитектуре грађене углавном од трошног материјала, култни и меморијални облици праисторијске архитектуре били су монументални, подизани од трајног камена. Мегалити⁵⁴ су култни облици, који се састоје од импозантних, углавном необрађених, камених блокова. Најједноставнији су менхири⁵⁵, уздигнути камени блокови у виду изолованих стубаца, који су се даље развијали у сложеније трилите, кромлехе, низове и примитивне храмове. Када су камени блокови поређани укруг називају се кромлеси⁵⁶, а када су постројени у правим редовима, називају се низови. Поједини ступци кромлеха понекад су премошћени хоризонталним каменим блоковима у виду архитрава и тада цела грађевина пружа изглед гигантске кружне колонаде. Менхира је највише пронађено у Бретањи, док се кромлеси налазе у Енглеској, Француској, Данској и Шведској. Трећа врста конструкције мегалитског комплекса су долмени⁵⁷, односно породичне гробнице⁵⁸ изворно прекривене хумком. То су заправо читаве одаје, величина од 4 до 70 m², висина од 1,0 до 3,5 m, при чему су у неким случајевима покрај главног простора изведене и бочне гробнице. Прилаз гробном простору често је у виду краћег или дужег покривеног ходника названог „покривена алеја“, а улаз је затваран монолитном плочом. Долмени су нађени у појасу од Ирске, Бретање и Португалије, па све до Индије и Јапана (Несторовић 1952).

У време неолита подизани су мегалитски комплекси, које Елијаде назива „*највећом загонетком праисторије*“. Религиозни карактер мегалитских структура заснивао се на култу мртвих, који је укључивао снажно веровање у

⁵⁴ грч. *mega* – велики; *litos* – камен

⁵⁵ доњембретонски *men* – камен, *hir* – дугачак (Elijade 1991, 100)

⁵⁶ доњембретонски *crom* – круг, кривина; *lech* – место (Elijade 1991, 100)

⁵⁷ *dol* – сто, *men* – камен (Elijade 1991, 100)

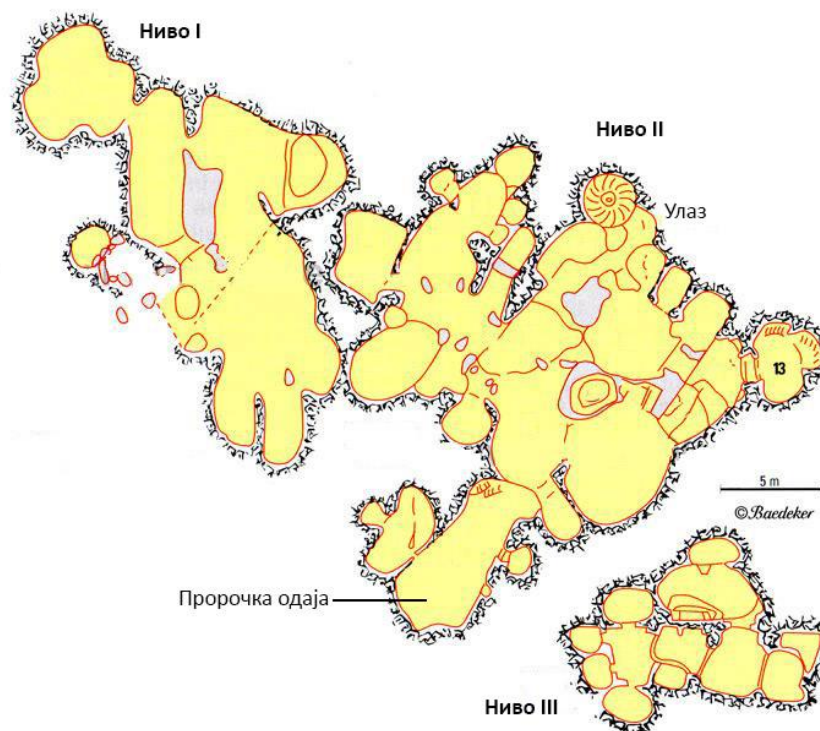
⁵⁸ У појединим долменима пронађено је на стотину представника више нараштаја истог генса.

преживљавање душе и поуздање у снагу предака и њихову заштиту живих. Мегалитске религије славиле су претке поистовећене или повезане са камењем, подржавајући тако идеју вечности и континуитета између живота и смрти. Другим речима, обредна заједница са прецима представљала је кључни чинилац религијске активности. Мртви су постајали господари плодности и напретка, па се сексуално значење менхира, односно веровање у његову оплодну моћ, очувало међу европским сељацима све до почетка XX века (Elijade 1991, 103).

Први мегалитски храмови јављају се на Малти и представљају најстарије познате споменике од камена на свету. Подизани су у периоду неолита, од 4500. до 2500. године пре н. е., када је Малта била *isola sacra*. Острва Малта и Гозо простиру се на површини од око 320 km². Нагнути кречњачки плато колонизован је око 5500 година пре н. е. досељеницима са Сицилије (Robb 2001). По један велики комплекс светилишта налазио се на сваком од острва, у средишту насеља, а био је намењен популацији која је бројала између 5000 и 10000 становника. Сматра се да се архитектура мегалитских храмова на Малти развила из архитектуре гробница у стени, и да је имала вишеструку намену – ритуални простори, складишта заједничких залиха хране, здравствени центри (Turnbull 2002). Око тридесет храмова било је превасходно намењено ритуалима (Robb 2001). Обле контуре храмова произишле су из гробница усечених у стени, или пак модела обле, фигуративно представљене богиње. Заобљене линије унутрашњег простора, градитељски стил и величина храмова, у потпуности су јединствени. Тешкоћа у проналажењу аналогних примера мегалитских храмова изван Малте може бити последица културне изолације и *ритуализације пејзажа* (Turnbull 2002), односно стварања острва културе у процесу обликовања локалног идентитета.

Мегалитски објекти на Малти пројектовани су тако да појачавају чулне утиске, као што су мириси и звуци. Томе у прилог говоре пронађени отвори у зидовима и поду (Robb 2001). Масивни зидови мегалитских храмова усмеравају кретање унутар и око самог објекта. Давид Турнбул (David Turnbull) сматра да се кроз усмерено кретање постепено открива серија сцена,

те тим сазнавањем кроз кретање долази до перформативног разумевања, односно утицаја физичког искуства на перцепцију. Он такође пише да уколико је простор перформативан, онда има историју, а уколико је знање перформативно онда је просторно (Turnbull 2002). Значајан део тог сазнавања путем физичког искуства било је засигурно и посредством звука који је прожимао тело и побуђивао слух.



Слика 26: Основе сва три нивоа Хал Сафлиени хипогеума на Малти.

Извор: (<http://www.ancient-wisdom.com/Images/countries/Maltese%20pics/hypogeumMap.jpg>)

Хипогеум Хал Сафлијени (4000–2500 године пре н. е.) је подземно гробље које сведочи о градитељским достигнућима малтешке неолитске културе. Хипогеум је јединствен по својој архитектури, звуку и сликама. Простире се на три нивоа, један испод другог, и садржи укупно 11 улаза и низ од 54 међусобно повезаних овалних одаја усечених у стену, које су веома добро очуване. Претпоставља се да је структура почела да се развије од првобитне природне пећине, која се данас налази на највишем нивоу. Зидови пећине даље су дубљени и тако су створане бројне нише и овалне одаје у којима су сахрањивани покојници (Слика 26). Док су рани храмови имитирали гробнице

у стени, хипогеум је био очигледан покушај пресликавања архитектуре храма у подземну гробницу. Статична архитектура акустички је доприносила драматичним ритуалима, омогућавајући рекреирање приступа безвременом свету предака (Robb 2001). Једини праисторијски цртежи на стени на Малти пронађени су управо у хипогеуму Хал Сафлијени (Stroud 2014). У оквиру конференције *Archaeoacoustics I*, учесници су спровели истраживање звучних одлика средњег нивоа хипогеума, користећи различите методе. На овом нивоу налази се такозвана *пророчка одаја*, за коју се од откривања хипогеума почетком XX века сматра да, захваљујући малој ниши у једном зиду, ствара специфичне акустичке ефекте: уколико се тихо говори у малу нишу која се налази у одаји, глас се може чути у свим деловима објекта. Пророчка одаја такође је декорисана (Слика 27). На зидовима и плафону у окер боји представљене су спирале и дискови различитих величина. За разлику од пећинске уметности јужне Француске или Шпаније где су осликане фигуралне представе животиња, овде је реч о геометријским, апстрактним цртежима које поједини истраживачи интерпретирају као визуелне представе звука (Devereux 2009). Наиме, декоративне спиралне форме коришћене су још у доба палеолита, вероватно кроз пресликавање биљних форми, како би се означила важна места, као што су светилишта, пророчишта или места ходочашћа. На тај начин спиралне форме доприносиле су успостављању контакта са светом мртвих, али и чинила уобичајене ствари светим уносећи магијске и митолошке вредности спиралне декорације (Kocić & Stefanovska 2008).



Слика 27: Хал Сафлиени хипогеум, цртежи спирала и ниша у пророчкој одаји. Извор: (Devereux 2009)

Резников је извршио вокално истраживање резонанце хипогеума Хал Сафлијени, сматрајући да је упркос мањим физичким променама у оригиналном простору ипак очуван првобитни акустички квалитет. Користећи мушки вокал од C₂ (65 Hz) до C₄ (262 Hz) и преко C₆ стварајући аликвотне тонове, нашао је да се у пророчкој одаји јавља резонанца на A₂ (око 110 Hz), а да је секундарна резонанца E₁ (82 Hz). Такође је установио да резонанца траје 4 секунде и да се са гласом јачине 90 dB јављају четири еха. Коначно је закључио да се резонанца појачава на местима где има слика, те да хипогеум има *добр*у акустичност за ниже тонове, а да су резонанце A₂ и E₁ веома снажне. Са друге стране, високи (женски) гласови брзо се изгубе због веома ниског плафона. Резников такође подвлачи да фреквенција од 110 Hz нема никакво посебно значење за људска бића и да она није била намера градитеља малтешког хипогеума, већ да су управо *чисти*, а не темперовани интервали оно што је важно и што осећају људска бића (Reznikoff 2014).

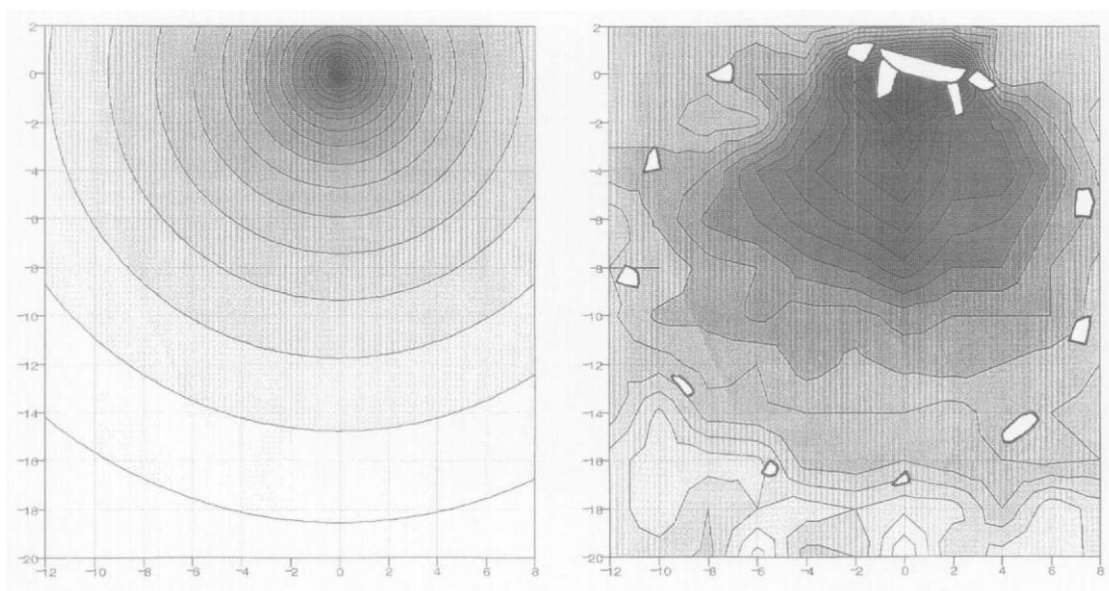
„Дубоки одговор резонанције мења личну боју гласа и чини се да је то звук Мајке Земље или да долази из Другог Света: богослужење доводи особу у дубоке нивое свести ближе божанском.“ (Reznikoff 2014)

Археолог Ерон Вотсон (Aaron Watson) је 1995. године покренуо пројекат *Monumental – Creative Heritage Interpretation* у оквиру кога се истражује улога звука у доживљају неолитских локалитета. У сарадњи са акустичарем Дејвидом Китингом (David Keating) Вотсон је започео истраживање кромлеха на локалитету *Истер Аквортмијес (Easter Aquorthies)* у североисточној Шкотској (Слика 28). Ова пилот студија потврдила је могућност демонстрирања звучних феномена на кромлесима. Акустички тестови показали су да заваљени камени блокови рефлектују звук ка унутрашњости самог круга, производећи ехо који се мења у зависности од позиције слушаоца. Лежећи блок и два највиша камена која га фланкирају, рефлектују говор и остале звуке налик кулисама позорнице, тако да се у неким деловима локалитета јасно, а у неким веома слабо чују (Слика 29). Студија је потврдила да су генерисани звучни ефекти намењени искључиво учесницима ритуала унутар кромлеха, док би за посматраче изван круга камених блокова остали

потпуна непознаница. Другим речима, овај неолитски кромлех ствара динамичко и позоришно звучно окружење (Watson & Keating 1999).



Слика 28: Изглед кромлеха на локалитету Истер Аквортијес (Easter Aquorthies) у североисточној Шкотској
Извор: (Watson & Keating 1999)



Слика 29: Ширење звука преко отвореног простора без препрека (лево) и у кромлеху у Easter Aquorthies (десно); интензитет звука иде од тамнијих нијанси сиве као најгласније ка светлијим нијансама; контуре представљају повећање за по 2dB. Извор: (Watson & Keating 1999)

Након задовољавајућих резултата пилот студије, Вотсон и Китинг наставили су рад на многобројним неолитским локалитетима широм Британије и Ирске. Њихова истраживања показала су да се на локалитетима *Ring of Brodgar* и Стоунхенџ јавља изражен ехо, док се у просторима попут *Maeshowe* и *Newgrange* јављају снажне резонанције. Анализе долмена,

гробница са дугим ходницима, попут *Camster Round* и *Maeshowe*, указале су на могућност формирања стојећих таласа и Хелмхолцове резонанце (Watson & Keating 1999). Овај акустички ефекат, неолитски људи могли су да изазову производећи нискофреквентне звуке вокално или ритмичким ударањем у бубањ, при чему је брзина удара морала бити подешена у односу на величину простора. *Camster Round*, на пример, резонује на фреквенцији од 4 Hz, која се може генерисати са четири удара у бубањ у секунди. Резултати истраживања овог пројекта доступни су у целости на интернет страници пројекта <https://monumentaluk.squarespace.com/archaeoacousticsites>.

Истраживања акустичких својстава праисторијских мегалитских структура указују на велико интересовање истраживача о стварању психоакустичких ефеката. Примера ради, Стоунхенџ, значајан праисторијски локалитет, показује специфичне акустичке особине. Три фазе градње трајале су око 1600 година, при чему је подизање почело око 3100. године пре н. е. Процењено је да је било потребно око 30 милиона часова за његову изградњу, што указује на опште-друштвени значај овог архитектонског досега (Ray 1987). Изузетно тврд камен (сарсен) коришћен је за спољни круг и греде, као и за огромне троделне лукове, тзв. трилите. Остало камење постављено у унутрашњости круга, вероватно донето из Велса, назива се још и плаво или звечеће камење. Како је читава структура преуређивана више пута, њена сврха није утврђена, као ни поуздани детаљи процеса изградње. Опште је прихваћено да је Стоунхенџ био намењен ритуалима и да је конструисан у односу на излазак и залазак сунца у време летњег и зимског солстиција.

Акустичка испитивања Стоунхенџа показала су да је основна резонантна фреквенција ове мегалитске структуре 10 Hz, што је истоветно фреквенцији можданих алфа таласа, својствених стању опуштености, медитације и виших стања свести. Иако је испод прага чујности, фреквенције од 1 до 14 Hz човек осећа као ритам (Till 2010), односно као низ кликова све до око 20 Hz (Johnston 2009, 237). Тако је 2 Hz, на пример, два удара по секунди или 120 по минути. Нискофреквентна резонанца и стојећи таласи могу бити генерисани на самом локалитету, тако што велики број учесника свира мале

ударачке инструменте, као што су керамички или дрвени добоши. С обзиром да је музика била веома важна и имала снажан утицај на човека у праисторији, сматра се да је Стоунхенџ био првенствено намењен ритуалној музици, при чему су ниске фреквенције могле бити побуђиване чак и јаким ветром (Till 2010). Ипак, веома је тешко установити да ли је било шта у праисторијској археологији био интенционално (Till 2014).

На основу претпоставке да су мегалитске структуре и гробнице биле на известан начин штимоване на одређену фреквенцију, Кук (Cook) је спровео пилот пројекат у циљу евалуације могућег утицаја ових фреквенција генерисаних у мегалитским структурама неолита у Енглеској и Ирској на мождану активност посетилаца. Пилот студија, рађена на 30 здравих одраслих особа, испитивала је кроз електроенцефалографију (ЕЕГ) на који начин пуштане фреквенције (0, 90, 100, 110, 120, 130 Hz) утичу на регионалну активност мозга. Регионална активност мозга показала је значајне промене на фреквенцији од 110 Hz, при чему је у левом темпоралном режњу активност нижа, а доминантна активност је у префронталном делу. За разлику од активности мозга при осталим фреквенцијама, активност је већа у десној хемисфери, односно долази до обртања префронталне асиметрије. Студије префронталне асиметрије сугеришу да је обртање асиметрије повезано са емоционалним стањима, те се резултати студије могу интерпретирати као релативна деактивација језичких центара, како би се мозгу омогућило да остали ментални процеси буду истакнутији (Cook et al. 2008). Наиме, показано је да све испитиване мегалитске структуре имају основну резонантну фреквенцију у опсегу 95-120 Hz, а претежно 110-112 Hz, што одговара опсегу људског гласа. Остаје отворено питање мотивације за ово претпостављено штимовање праисторијских структура и пећина. Аутори студије наговештавају могућност да западна музичка лествица одсликава унутрашња својства мозга и ума, као и акустичка својства неолитских структура, јер је 110 Hz фреквенција музичке ноте А две октаве ниже од А штимунга на 440 Hz, који се користи од XVIII века када је прихваћена темперована музичка лествица (Cook et al. 2008).

4.2 Архитектонско-акустичка начела пројектовања античких позоришта

4.2.1 Препоруке Марка Полија Витрувија

Марко Полио Витрувије, живео је и радио као архитекта (46–30. год. пре н. е.) у време императора Јулија Цезара (63. год. пре н. е. – 14. год.). У позним годинама саставио је трактат о архитектури, *Десет књига о архитектури* (*De architectura libri decem*), у којем се у оквиру десет књига бавио различитим темама везаним за конципирање и извођење грађевина – од образовања архитекте, преко архитектуре стамбених, сакралних и јавних објеката, питања пропорција, материјализације, водовода, па све до конструисања справа за ратовање. Архитектуру је сматрао претходницом свих наука, па је тако у својој другој књизи написао да су људи „*тек од грађења кућа поступно прешли на остале вештине и науке*“ успостављајући на тај начин цивилизацију.

С обзиром да се и сам Витрувије неретко позивао на потребу да скрати своје излагање и најсажетије могуће појасни одређена практична питања извођења, његово дело често оставља утисак приручника за архитекте. На неколико места дотакао се разумевања звука и акустике простора. Већ у првој књизи, у одељку *О архитектури и о образовању архитеката*, истакао је да је неопходно да архитекта познаје музичке законе и математичке односе на којима се заснивају. Тако пише да хидрауличне оргуље и друге сличне музичке инструменте, може направити „*само неко ко познаје музичке законе*“ (Vitruviје 2000, I/15). То се подједнако односи и на прављење ратничких справа попут балиста, катапулта и шкорпија.

„На главним гредама, наиме, десно и лево налазе се отвори за полутонове, кроз које се помоћу витлова и полуга напиње ужад, усукана од тетива која се не заглављују и не привезују све док мајстору до увета не допру јасни и једнаки тонови. Јер, кад се одапну полуге које се увезу у те тетиве, морају обе истовремено и једнако ударити метак. Ако тетиве нису хомотоне, неће послати метак у одређеном правцу. Тако је и у позориштима са месинганим

звучницима, које Грци називају ехеја (резонатори).“ (Vitruвије 2000, I/15)

Овај одломак указује на то колико су се конструктори ослањали не само на визуелне, већ подједнако и на аудитивне провере својих направа. Ту се такође налази и аналогија између тетиве која треба да *„пошаље метак у одређеном правцу“* и месинганих звучника који у овој недореченој аналогији, претпоставимо, треба да усмери звук у жељеном правцу.

Најзначајније теме у вези са односом звука и архитектуре, Витрувије је изнео у својој петој књизи у којој се бавио уређењем јавних зграда. Питања акустике простора обрађена су искључиво за објекте позоришта, јер су амфитеатри тек касније почели да се граде, а одеон у Помпеји, изграђен тек 50. године пре н. е., сматра се првим позориштем под кровом у римском стилу (Haddad & Akasheh 2006). Као кључна поглавља пете књиге издвајају се: III *О позоришту*, IV *Наука о хармонији*, V *О позоришним звучницима*, VI *О плану позоришта*, VII *Грчко позориште* и VIII *О избору места за позориште*.

Витрувијева упутства за грађење позоришта најпре се односе на одабир локације и орјентацију самог објекта. Пажљив одабир *„што здравијег места“* за подизање позоришта подразумева такву локацију на којој ветар, који улази у *отворене поре гледалаца* док непомично уживају у играма, долази из здравих крајева (Vitruвије 2000, V/99). То треба да буде место у коме се *„глас што јасније шири“*, *„где глас не одјекује“*, већ место *„које благо прима глас, да се не одбија и не одзвања и до ушију не доноси нејасне звукове“*, јер ће се само тако брижљивим одабиром места постићи да *„деловање гласа [буде] без грешке у позориштима“* (Vitruвије 2000, V/110). Позориште такође треба да буде адекватно орјентисано, односно да не буде орјентисано ка југу, јер директно излагање гледаоца сунцу нездраву делује и *„смањује влагу у телу“* (Vitruвије 2000, V/100). Овоме у прилог говори истраживање које је показало да је преко 50% од испитаних 69 римских позоришта орјентисано ка северу (Haddad & Akasheh 2006). Као места која *сметају титрајима звука* Витрувије разликује четири типа:

(1) дисонантна места – „на којима глас одмах чим се дигне увис удари у више тврде педмете, одбије се, падне доле и потисне глас који долази иза њега“ (Vitruvije 2000, V/110);

(2) циркумсонантна места – „глас се разлеже наоколо, у среднини је слободан, па звучи без завршетка речи и ту нестане без јасног значења речи“ (Vitruvije 2000, V/110);

(3) резонантна места – „глас се чим удари о чврст предмет, одбије и одјекне, па се двоструко чују последњи слогови“ (Vitruvije 2000, V/110);

(4) консонантна места – на којима се „глас одоздо потисне, јача и пење, па речи дођу до ушију чујно и јасно“ (Vitruvije 2000, V/110).

Истраживање локалитета на југу Италије и на Сицилији показало је да је оријентација античких позоришта била таква да је гледалиште окренуто ка мору, а поветарац са мора, који се јављао у послеподневним часовима, у већој или мањој мери утицао је на бољу разумљивост речи (Cocchi 2013).

Витрувије се сматра првим теоретичарем пропорција (Petrović 1974, 8). Његово дело пружио је снажан ослонац у истраживањима теоретичара архитектуре нарочито током периода ренесансе. Полазећи од става да је „*цело свемирски систем због нагиба под дејством сунца врло складно сложен у хармонијски однос*“ (Vitruvije 2000, VI/123), у трећој књизи Витрувије пише да се композиција храмова заснива на тачно одређеним законима симетрије:

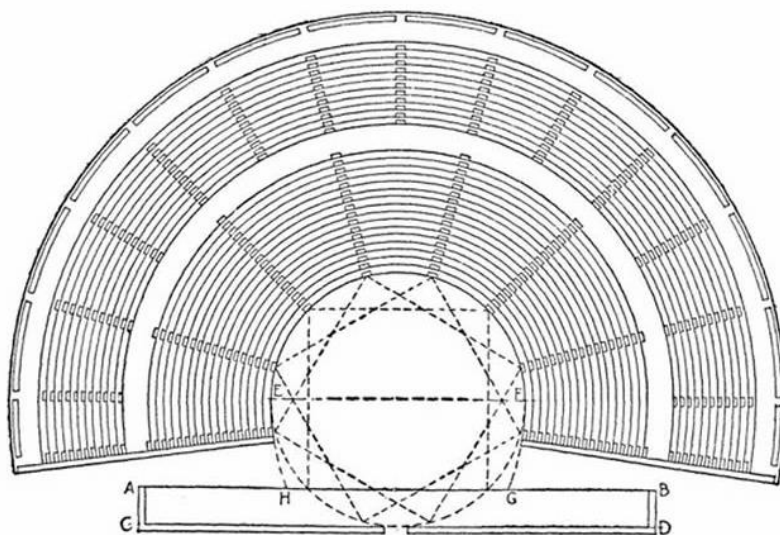
„Симетрија настаје из пропорције, која се грчки назива аналогија. Пропорција је подударане одређеног дела са појединим деловима грађевине и са целином. На томе се и заснива закон симетрије. Ни један храм без симетрије и пропорције не може имати правилну композицију, ако у деловима нема таквих правилних односа какви се налазе, на пример, код добро грађеног човека.“ (Vitruvije 2000, III/61)

Симетрију коју даље треба прсликати Витрувије налази у пропорцијама људског тела, те истиче аналогију између људског тела и архитектонске композиције храма. Полазећи од људског тела са раширеним рукама и ногама,

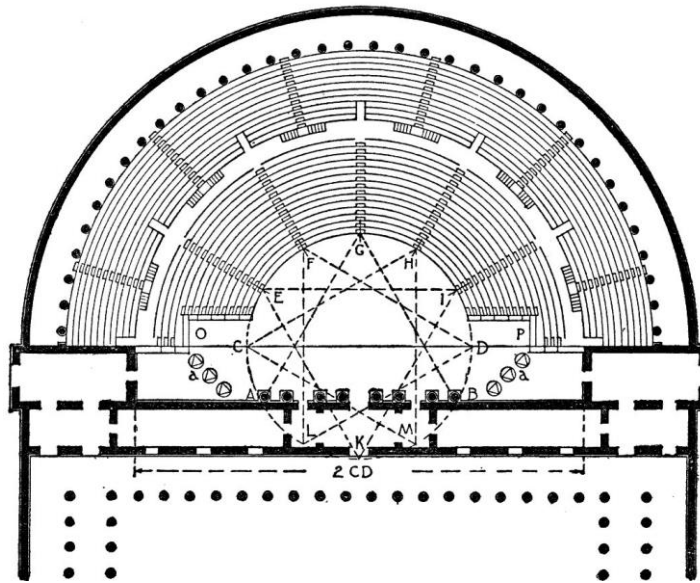
Витрувије из пупка као центра описује кружницу која додирује прсте дланова и стопала, а затим око ње описује и слику кватрата, па закључује:

„Према томе, ако је природа људско тело сложила тако, да поједини делови стоје у пропорцији са целином, онда изгледа да су преци са разлогом одредили да и код грађења зграда поједини делови, у односу на целину, имају тачан размерни однос.“ (Vitruvije 2000, III/61)

У Витрувијевом делу осећа се снажан утицај питагорејске традиције, нарочито када пише о значају бројева у пројектовању. Посебну пажњу придавао је броју 10 и *потпуном* броју 6, које је сматрао савршенима. У четвртој књизи дао је препоруке за *пропорцијске и симетријске односе* различитих типова храмова, а акустичких одлика простора посебно се дотакао у делу о пропорционисању позоришта. Када говори о постављању геометрије позоришта, Витрувије помиње *„музичку хармонију звезда“* (Vitruvije 2000, V/107), која се такође заснива на питагорејској традицији. Даје идеалне пропорције, али упозорава да сваки архитекта може да их мења према *природи места или величини зграде*. Код Грка наводи извођење геометрије позоришта из три квадрата (Слика 30), а код Римљана из четири једнакоугаона троугла (Слика 31). Дакле, реч је о геометријском извођењу пропорција.



Слика 30: Извођење геометрије грчког позоришта из три квадрата
Извор: (<http://www.baylor.edu/content/imglib/2/2/7/6/227623.jpg>)



Слика 31: Извођење геометрије римског позоришта из четири једнакоугаона троугла

Извор: (<http://www.baylor.edu/content/imglib/2/2/7/6/227620.jpg>)

„Изнад темеља, почевши од подземне конструкције треба направити степенице од камена или мермерне грађе. Одељења са седиштима (praesinctiones) треба градити пропорционално према висини позоришта, и да не буду виша од ширине појасног пролаза. Ако буду виша, одбијаће се глас са вишег места и тако ће спречавати да у најгорња седишта која су изнад пролаза до ушију људи допру завршеци речи у јасном значењу. Уопште, треба то решити тако да линија која се протеже од најнижих седишта до највиших додирује све врхове степеница и све углове. Тако глас неће бити ометан.“
(Vitruvije 2000, V/100)

Из овог одломка јасно се уочава да је акустику позоришта Витрувије повезивао са геометријом и пропорцијом самог објекта. Али је такође сматрао да је задатак архитекте да одабиром места и архитектуром позоришта обезбеди да се глас несметано креће.

„Дакле, онако како је у води са линијама таласа тако је и са гласом. Када препреке не прекину први талас, овај не омета ни други ни

следеће, него сви без јеке допру до ушију слушалаца на најнижим и највишим седиштима. Зато су стари архитекти и следили природу, па су на основу испитивања како се пење глас градили степенице позоришта. Они су по математичкој теорији и музичком закону настојали да сваки глас са позорнице јасније и пријатније допре гледаоцима до ушију.” (Vitruvije 2000, V/100)

Како је показано у поглављу 3.1, у антици су били познати закони одбијања звука – ако глас наиђе на препреку, онда се шири у правцима различитим од првобитног. Такође је уочено да због неконтролисаних рефлексија настаје јека која омета разумевање говора са позорнице. У вези са тим Витрувије је препоручио да кров трема на врху гледалишта буде исте висине као и позорница, како би се *„глас могао појачавати и равномерно долазити до највиших седишта и до крова. Ако то није равномерно глас се, на оном месту где је ниже, расипа на оној висини до које прво допре (Vitruvije 2000, V/107).“*

Витрувије је једнозначно указао на то да су *„преци у позориштима хармонијски извели законе за појачање гласа“* на основу математичке теорије и музичких закона (Vitruvije 2000, V/101). Стога је нашао за сходно да читав један одељак књиге која се бави јавним зградама посвети управо науци о хармонији, позивајући се превасходно на Аристоксена. Ту је објаснио да се глас креће на два начина: непрекидно или у прекидима. Па тако, када глас иде у интервалима то је кретање у прекидима, јер се не чују тонови између два озвучена тона. Витрувије такође наводи три врсте тонских система: (1) *harmonia*, (2) *hroma* – *„пружа већу пријатност“* и (3) *diatopon* – *„природнији размак интервала“*, при чему истиче да је *тонски систем хармоније вештачка творевина*. Писао је да хармонија настаје спајањем тонова, а да консонантних музичких интервала *„које може модуловати људска природа“* има укупно шест, и то су: *diatessaron* (кварта), *diapente* (квинта), *diapason* (октава), *diapason et diatessaron* (кварта над октавом), *diapason et diapente* (квинта над октавом) и *disdiapason* (двострука октава) (Vitruvije 2000, V/104).

У оквиру пете књиге, у делу *О позоришним звучницима* Витрувије је дао конкретне смернице о постављању такозваних акустичких судова. С обзиром да се истраживачи ове засигурно најтрајније акустичке традиције, од Витрувијевог доба до данас, ослањају у проучавању на његова упутства, овде ћу у целости пренети Витрувијев опис.

*„На основу ових истраживања по математичким законима треба градити и металне посуде према величини позоришта. Оне се тако граде да могу, кад се додирну, међу собом давати тон кварте, квинте и редом до двоструке октаве. После се ставе између седишта у позоришту у нишама направљеним по музичком закону, тако да не додирују зид, око себе имају празно место, а на врху слободан простор; треба их стављати обрнуто, а на страни која гледа према позорници подметну се клинови, високи најмање једну и по стопу. Наспрам тих ниша оставе се отвори у лежиштима доњих степеница, дуги две стопе, а високи пола стопе. Места на која их треба поставити одређују се овако: ако позориште није посебно велико, нека се у средини његове висине одреди попречна зона и у њој наткрије тринаест ниша са дванаест једнаких размака, тако удаљено да се они звучници који одговарају тону *nete hyperbolaeon*⁵⁹, ставе први у нише на крајевима крила са једне и друге стране; други од крајњих одговара кварту ниже на *nete diezeugmenon*, трећи кварту ниже на *parameese*, четврти на *nete synhemmenon*, пети кварту ниже на *mesē*, шести кварту ниже на *hurate meson*, а у средини један кварту ниже на *hurate huraton*. Тако се према том распореду разлије глас са позорнице као од центра и ширећи се околу удари у шупљине појединих посуда. Тако он постиже већу јасноћу, и на основу спајања тонова консонанцу која му одговара. Ако је позориште веће, тада се његова висина мора поделити на четири дела како би се за нише добиле три попречне*

⁵⁹ *nete hyperbolaeon* – највиши од свих

зоне, једна хармонијска, друга хроматска, трећа дијатонска. Прва зона одоздо уреди се према хармонијском систему, као што сам већ описао у мањем позоришту. У средњој зони се на крајеве крила ставе први звучници који одговарају на хроматски *hyperbolaeon*, на друго место кварту ниже на хроматски *diezeugmenon*, на треће на хроматски *synhetmenon*, на четврто кварту ниже на хроматски *meson*, на пето кварту ниже на хроматски *hypaton*, на шесто на *parameze*, јер квинта има заједничко сазвучје на хроматски *hyperbolaeon*, кварта на хроматски *synhetmenon*. **У средину се не сме ништа стављати. То је зато што ниједан други квалитет тонова у хроматском систему не може дати симфонијску консонанцу.** У највишем делу и зони са нишама треба на крила на прво место ставити звучнике, направљене по тону на дијатонски *hyperbolaeon*, на друго који звуче кварту ниже на дијатонски *diezeugmenon*, на треће на дијатонски *synhetmenon*, на четврто кварту ниже на дијатонски *meson*, на пето кварту ниже на дијатонски *hypaton*, на шесто место кварту ниже на *proslambanomenon* као октава и на дијатонски *hypaton* као квинта. Ако би неко хтео то да уради лако и савршено нека обрати пажњу на дијаграм нацртан на крају књиге по музичком закону. Њега са великим трудом и марљивошћу направи Аристоксен поделивши системе по врстама. Ко би имао у виду те изводе, могао би одатле према природи гласа, за уживање слушалаца лакше градити савршена позоришта.⁶⁰ (Vitruvije 2000, V/104-5)

„...сва јавна дрвена позоришта имају више спратова који сами по себи одјекују. То се може видети и по китарашима. Када желе да певају у вишем тону, окрену се ка вратима позорнице и помоћу њих добију консонанцу гласа. Када се позориште гради од чврсте грађе, тј. од зидова са ломљеним, тесаним каменом или мермером, који не могу

⁶⁰ Делове текста је истакла подебљавањем З. Ђ.

одјекивати, тада треба применити принципе са звучницима.“
(Vitruvije 2000, V/105)

Витрувије је такође писао да у Риму не постоји пример позоришта грађених од камена у која су уграђени ови акустички судови, али да има примера у покрајинама Италије и у многим грчким градовима. Он наводи да је Луције Мумије зачетник ове праксе, јер је у Рим пренео акустичке судове из порушеног коринтског позоришта и заветовао их као ратни плен Лунином храму. Веза металних акустичних звучника које је описао Витрувије са касније коришћеним керамичким акустичким судовима у средњовековној и каснијој сакралној архитектури широм европског континента, може се пронаћи у следећем одломку:

„Многи архитекти су, градећи у мањим градовима позоришта, због оскудице употребљавали посуде од печене глине. Оне исто тако звуче па су их полагали по споменутом закону и постизали велике успехе.“ (Vitruvije 2000, V/106)

4.2.2 Археоакустичка истраживања античких позоришта

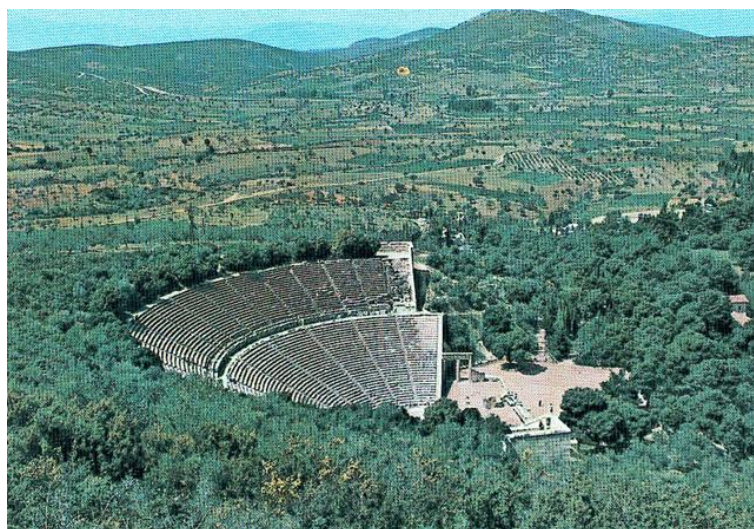
Драма се у старој Грчкој развила од религијских церемонијалних прослава у част Диониса, бога плодности, вегетације и вина. Елементи игре у оквиру прослава подразумевали су кружни плес око тимеле – постамента на који је постављен кип божанства, и поворку која је уз песму играла вијугавим стазама (Роровић 1986, 30). Средином VI века пре н. е., када је Пизистрат преместио Дионисијев култ из Елеутере у Атину, где су се отад два пута годишње одржавале драмске игре као такмичења са доделом награда, формирао се театар као независан архитектонски простор. Најстарије позориште било је Дионисово позориште у Атини (око 534. године пре н. е.). Прославе су тада подразумевале хорско певање, екстатичне плесове и мимоходе под маскама (Muller & Vogel 2005, 201). Поделом простора на део намењен играма и део намењен посматрачима, односно са диференцијацијом

активних и пасивних учесника спектакла, обликовали су се основни елементи позоришног објекта (Pоровић 1986, 23).

Позориште је у антици било јавно место од највишег значаја, а религиозна и световна извођења представљала су печат цивилизације и понос града. Сходно томе, позоришта су пројектована да приме велики број људи (чак 25000 гледалаца у Ефесу), те су представљала значајне градитељске подухвате. То су били својеврсни мултифункционални културни центри, намењени друштвеним, религијским, пропагандним и политичким окупљањима (Haddad 2008). Иако није познато како су тачно изгледале прозоришне представе класичне Грчке (V век пре н. е.), сматра се да је позориште од најранијег периода одражавало настојање човека да разуме самог себе, свет у коме живи и своје место у том свету (Harvud 1998, 15). Кроз позориште човек је настојао да објасни мистерију свог постојања (Pоровић 1986, 11). Брзи успон позоришта класичне Грчке, означио је прекретницу у човековом поимању света. Дrame су се приказивале као такмичења у отвореним позориштима, било је највише тројица глумаца који су носили маске и хор који је певао и играо око олтара. У Есхилово време хор је бројао до петнаест чланова. Као симболе обожавања бога Диониса глумци су носили маску, одору са рукавима и ципеле са високим потпетицама (Harvud 1998, 44-60).

У старој Грчкој архитектонска форма позоришта израстала је из саме конфигурације терена. Позоришта су била грађена тако да користе падину брда за конструктивну подршку гледалишту. Пажња се посебно посвећивала природним условима – доминантним ваздушним струјњима и визурама из гледалишта. Поглед који се пружао на околну природу из гледалишта био је без изузетка задивљујућ. Локације већине грчких позоришта биле су у близини храмова како би, сматрало се, разни богови могли да гледају представе које су говориле о њима или биле извођене у њихову част (Слика 32). Насупрот томе, лоцирање театра у Риму било је везано за урбанистичко решење града, односно за позиционирање кардо и декумануса, градског

форума и храмова, а веза са храмом је временом потпуно ишчезла. Позориште у Риму представљало је архитектонски објекат грађен на различитим конфигурацијама терена – падини, равници или на комбинацији падине и платоа (Слика 33), а његова величина зависила је од броја становника у граду (Haddad et al. 2003).



Слика 32: Поглед на позориште у Епидаурусу и његово окружење (IV-II век пре н.е.), 14000 места;
Извор: www.users.cs.umn.edu/~moulitsa/photos/greece/epidaurus01.jpg



Слика 33: Изглед позоришта у Аспенду (II век);
Извор: (http://www.nirvanaholidays.com/holiday/img/sayfa_resimleri/transfer/Perge_aspendos02.jpg)

Акустика античких позоришта и данас фасцинира посетиоце. Вероватно најпознатији по својим акустичким својствима јесте пример позоришта у Епидаурису (III век пре н. е.), у коме се до најудаљенијих седишта гледалишта може чути када новчић падне на оркестру. Највећи број научних истраживања акустичких одлика античких позоришта и одеона представљен је 2011. године на конференцији *The Acoustics of Ancient Theatres* у грчком граду Патра. Тада су се искристалисале четири тематске подцелине: (1) геометрија позоришта, (2) акустички судови, (3) *teatarum tectum*, и (4) глумачке маске.

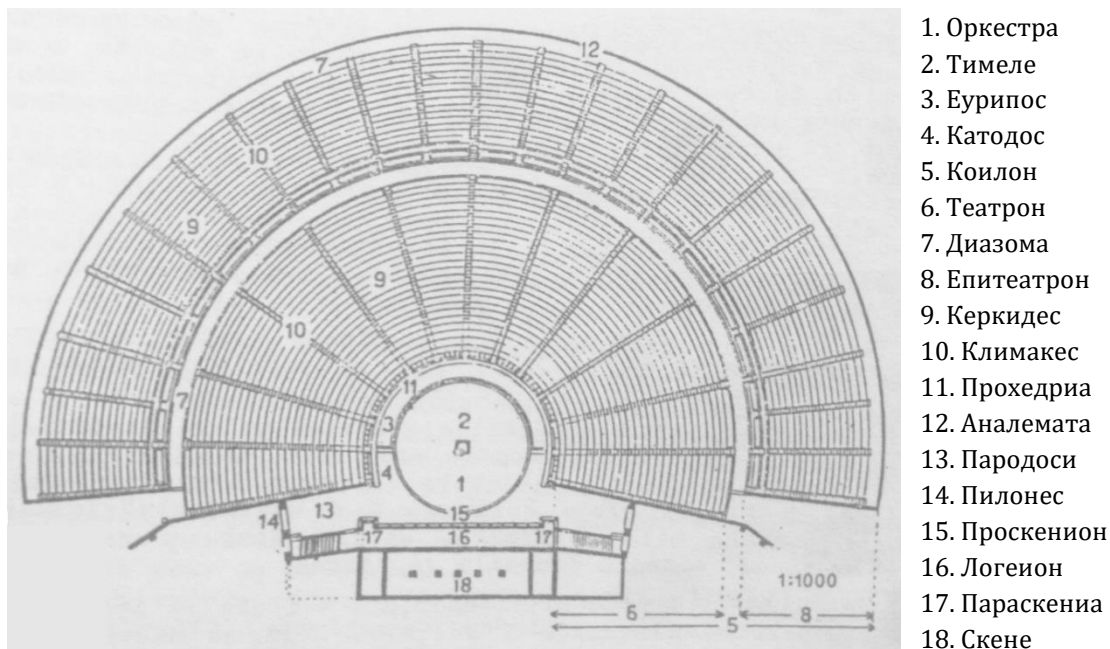
❖ Однос геометрије позоришта и одлика звука

Античка позоришта неизоставно су имала следеће архитектонске елементе:

- (1) гледалиште (*koilon*, који се састоји из *teatron*, *diazomata* и *epiteatron*, грч.; *savea*, лат.); у римском позоришту повећан је нагиб гледалишта у односу на грчко позориште;
- (2) оркестру – у Грчкој је то *место за игру* (Harvud 1998, 46) кружног облика, односно простор цикличне игре око кипа божанства и „место окупљања хорова – рудимента космоса, процесија разузданих играча“ (Роровић 1986, 32), а у Риму оркестра је постала полукружна и намењена публици;
- (3) просценијум (*proskenion* у грчком, а *pulpitum* у римском позоришту) – бину, чија је дубина у римском периоду повећана, јер су глумци тј. целокупан програм премештен са оркестре на просценијум;
- (4) скену (*skene*) – правоугаони бински објекат; и
- 5) *paraskenion* у грчком, а *postscaenium* у римском позоришту – бочни делови сценског објекта.

Облик грчког позоришта развијао се из извођачке праксе. Оркестра је служила као површина за игру, односно место за култне плесове испред Дионисијевог храма, на којој је наступао хор са песмом и плесом. Олтар, који се у почетку налазио у средишту, временом се померао ка ивици оркестре, да би се касније, као и храм, потпуно одвојио од места где се одржавају представе.

Око 420. године пре н. е. у Атини се оркестра издвојила из склопа храма и олтара, те се формирало концентрично уређење позоришта. Лагани дрвени скелет, сцена (*skene*), настала је вероватно средином V века пре н. е. Она одваја оркестру од отворене позадине, назначавајући место радње појединих чинова. Иза сцене, која се касније замењује дрвеном конструкцијом са помичним елементима, налазила се конструкција слична шатору, која је служила глумцима за припрему наступа. У најранијем периоду позоришта су имала дрвену конструкцију и дрвене клупе за седење публике, које су обично размонтираване након прослава. У IV веку пре н. е. настала су прва трајна позоришта, када су дрвене клупе замењене каменим у Дионисијевом позоришту, које је могло да прими отприлике трећину популације Атине (Haddad et al. 2003). Гледалиште (*cavea*, грч. *theatron*) с почетка окружује оркестру полигонално, а касније полукружно са степенастим издизањем седишта (Muller & Vogel 2005). У грчком позоришту гледалиште покрива угао већи од 180°.



Слика 34: Основа грчког позоришта у Епидурауру са означеним архитектонским елементима; Извор: (Popović 1986, 54)

Током хеленистичког периода (333–63 пре н. е.) облик оркестре постао је полукружан, подијум је постао виши (*pulpitum*), а сцена – сценски објекат –

грађена је на два спрата. Такође је уведен и нови елемент – просценијум (*proscenium*), који је представљао предњи део сценског објекта. Ово је био почетак преласка на *интровертни тренд* који је остварен у архитектури римског позоришта (Haddad et al. 2003). У овом периоду уведен је други и трећи глумац у трагедије, те се центар извођења премештен са оркестре на бину која је сходно томе издигнута. У појединим случајевима гледалиште је проширено додавањем редова седишта изнад дијазоме, као на пример у Великом позоришту у Епидаурусу.

За разлику од Грчке, у Риму из политичких разлога није било дозвољено да се граде позоришта као трајни објекти. Уместо тога, подизана су мања, привремена позоришта од дрвета. Први камени објекат овог типа, за 17000 гледалаца, сазидао је Помпеј на Марсовом пољу у Риму 61–55. године пре н. е. (Rindel 2011a), по узору на булетерион из Митилене (Karadedos et al. 2011). Подигнут на приватном поседу, Помпеј је тврдио да је то заправо храм посвећен Венери, а не позориште. Развој позоришта у Риму преузео је све важније елементе грчког позоришта и превео их у нову концепцију. Након Помпејевог позоришта уследило је Марцелово (за 15000 људи), отворено 13. или 11. године пре н. е. (Rindel 2011a). Најмање 125 позоришта, као трајних објеката, било је изграђено у Римском царству (Haddad et al. 2003). Иако је позориште било конструкција под ведрим небом, у архитектонском смислу то је био затворени објекат са независном конструкцијом, што је омогућавало да буде саграђено у самом срцу града. Просценијум је служио као позорница, на обе стране незнатно проширен и позади омеђан прочелним зидом сцене, а са бокова њеним истакнутим крилима. Споља је високи прстен зида са вишеспратним аркадама обухватао левкасто гледалиште (Muller & Vogel 2005), а оркестра, одакле су виђенији људи сада пратили представу, постала је полукружна. Гледалиште је покривало угао од тачно 180°, односно било је полукружно и чинило је јединствену структуру са сценским објектом.

Акустичка својства античких позоришта најпре су била одређена њиховом локацијом и оријентацијом. На основу Витрувијевог излагања

претпоставља се да је примарно начело архитектонско-акустичког пројектовања било да оно што може да се види, може такође и да се чује. Другим речима, уколико се обезбеди неометана видљивост сцене из одређене позиције у публици, такође се омогућава и да ће се глас са позорнице добро чути (Beckers & Borgia 2009; Vassilantonopoulos & Mourjopoulos 2003). Ишчитавањем геометрије античких позоришта могуће је извући закључке о архитектонско-акустичким принципима њиховог пројектовања (Cocchi 2013). Упадни угао под којим звук досеже до слушаоца у гледалишту чини „акустички квалитет позоришта“ и потребно је минимално да износи 5°, а оптимално 6–8° (Cocchi 2013). Недавне археоакустичке студије показале су да су геометријски показатељи који су утицали на акустику античких позоришта били следећи:

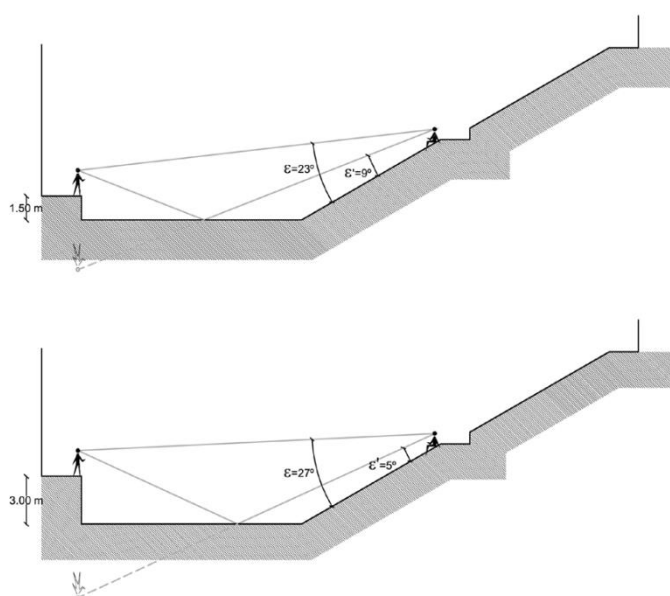
- (1) висина и дубина просценијума;
- (2) висина и нагиб могућег крова;
- (3) пречник оркестре;
- (4) нагиб гледалишта (Beckers & Borgia 2009).

Витрувије је писао о симетрији, складу, аналитичким и самерљивим системима пропорција, сматрајући да пропорције леже у основи лепоте. Његова препорука за римско позориште је да дужина сцене износи двоструки пречник оркестре, а да је висина подијума дванаестина оркестре. Он такође каже да је у грчким позориштима оркестра пространија, сцена померена више уназад, а говорница – логеја – ужа. То је из разлога што су глумци који ирају комедије и трагедије на сцени, а остали хорски глумци су у оркестри (Vitruvius 2000, V/108-9). Да би се постигли неометани визуелни и звучни правци, било је потребно обезбедити одговарајући упадни угао директног звука, односно велики нагиб гледалишта који се повећава са удаљеношћу од позорнице. У класичном периоду косина гледалишта била је константна. У Атини је, примера ради, била 21°, а у Пријени 29°. У хеленистичком периоду дошло је до подизања просценијума и додатног нагиба гледалишта, као на пример у Епидеурису. За разлику од грчких, косина у римским позориштима увећавана

је једном – у Оранжу 27° пре дијазоме, 31° после, у Аспенду 33° и 36°, а у Ефесу чак двапута – 25°, 28° и 30°. Просценијум је постајао нижи и дубљи. Тако је у Епидаурису просценијум подигнут на 3,8 m, док је у Аспенду 2,5 m, а у Ефесу 2,1 m. Важно је уочити да је тако висок просценијум у грчком позоришту омогућавао да се глас не одбија о сцену, већ о зид просценијума, те да се тако избегне могући ехо. У грчком позоришту бина је уска: 2,4 m у Епидаурису, мање од 3 m у Пријени, Пергамону и Сиракузи, 3,3 m у Дионисијевом позоришту у Атини. То омогућава скоро моменталне рефлексије о *skene frons*, што појачава глас и утиче на јасноћу говора. У римском позоришту, *skene frons* је био значајно богатије декорисан, а сходно већем броју глумаца, просценијум постао значајно дубљи – у Ефесу чак 7,8 m, што значи да је *skene frons* био још удаљенији од оркестре. Међутим, глумци више нису силазили у оркестру, тако да су избегли јављање еха. Услед свих ових промена у геометрији античког позоришта, упадни угао како директног тако и рефлектованог звука о оркестру, постао је значајно већи. Тако је звук, рефлектован о оркестру грчког позоришта у Пријени, до последњих редова гледалишта допирао под углом од 3°, при чему је значајно апсорбован у публику у нижим редовима. Са хеленистичком доградњом гледалишта у Епидаурису овај угао је благо прешао 4°, а у римском позоришту у Оранжу и Аспенду достигао је чак 6°, односно 8° (Beckers & Borgia 2009). Са повећањем нагиба гледалишта у римском позоришту, није било више потребе да се позорница подиже као у Грчкој, већ је са висином од 1,5 m постизала одлична видљивост и акустичност. Тако низак пулпитум омогућио је да се оркестра претвори у гледалиште (Popović 1986, 42).

Поред директног звука публика је увек примала барем две рефлексије – о бински објекат и о оркестру – које су појачавале интензитет и јасноћу говора. Рефлексија звука о зид бинског објекта била је испод 50 ms, што је и према данашњим стандардима прихваћено ограничење за разумљивост говора. Ово указује на могућност да су антички архитекти искуствено уочили

поменућу границу и у складу са њом контролисали геометрију позоришта.⁶¹ Томе у прилог говори и архитектонски елемент оркестре, која се данас сматра најоригиналнијом акустичком идејом грчког позоришта. Оркестра је обезбеђивала благо дистанцирање публике од позорнице како би се постигле секундарне рефлексije са веома кратким закашњењем звука (Beckers & Borgia 2009). Овај феномен познат је у литератури као Хасов ефекат, а коришћен је такође и у кинеском театру у коме позорница лежи преко потеза воде која обезбеђује дистанцу од публике и такође рефлектује звук (Crunelle 2009).

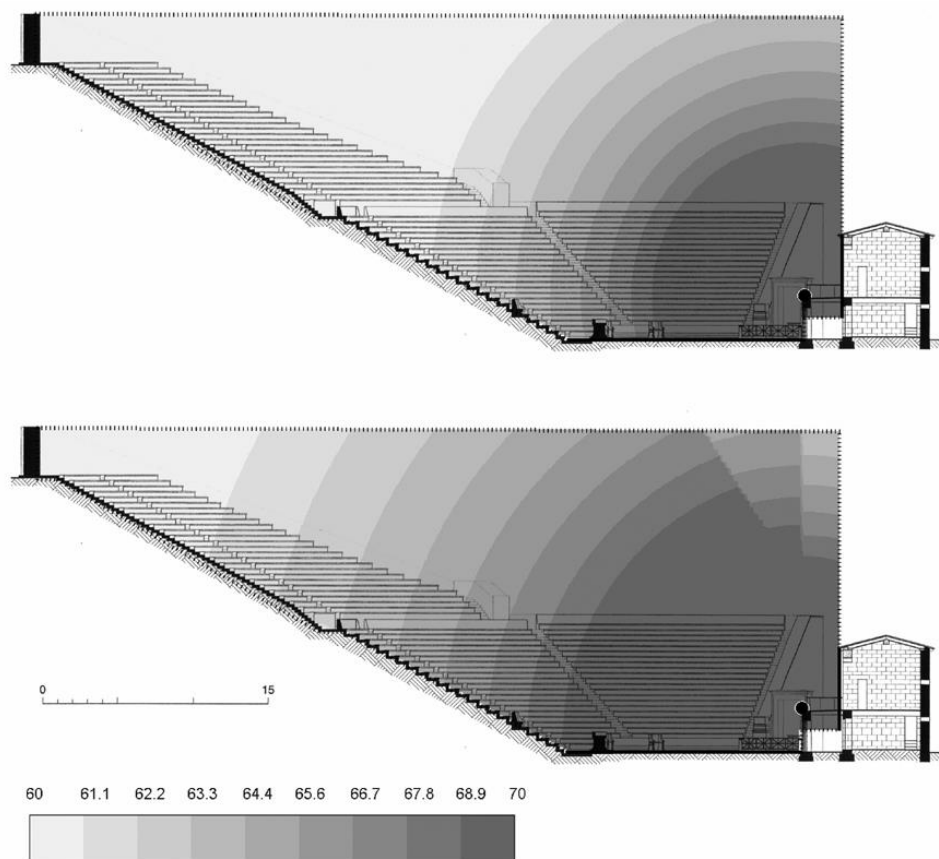


Слика 35: Повећањем висине просценијума, повећава се угао директног, али се смањује угао рефлектованог звука ка гледалишту. Извор: (Beckers & Borgia 2009)

У римском периоду дошло је до значајне модификације геометрије позоришта, а самим тим и његових акустичких својстава. Оркестра је сведена на полукружни облик са четири степеника за седење, те више није имала улогу рефлектујуће површине. Како Витрувије пише: „... код нас сви глумци играју на сцени, а у оркестри се налазе седишта за сенаторе“ (Vitruvije 2000, 107). Такав је пример позоришта у Аспенду (II век), у коме је гледалиште

⁶¹ Акустички ефекат који чини да се рефлектовани звук који касни до 50 ms стопи са директним звуком у јединствену акустичку слику у свести слушаоца, верификовао је тек Џозеф Хенри 1854. године (видети поглавље 3.1.5).

самом архитектуром затворених маса потпуно усмерено ка позорници и високој сценској позадини (Слика 33). Такође, портико римског позоришта пројектован је у нивоу крова сцене, те је као одбијајућа површина обезбеђивао гледаоцима у последњим редовима да јасно чују гласове глумаца са позорнице (Haddad & Akasheh 2006). Одбијања звука о зид сцене и о портико значајније су од рефлексија о оркестру, јер оне омогућавају довољан интензитет звука и реверберантност звучног поља (Haddad 2008).



Слика 36: Пример театра у Пријени: на горњој слици је илустрација када публика прима само директан звук, а на доњој слици када поред директног звука прима и рефлексије од оркестре и сцене.

Извор: (Beckers & Borgia 2009)

Време реверберације у грчком позоришту значајно се разликује у зависности од присуства публике. С обзиром да не постоји сценски објект ни портико изнад гледалишта, реверберација настаје искључиво услед

раштрканих рефлексија о камена седишта. Насупрот томе, у затвореној конструкцији римског позоришта повећање апсорпционе површине услед присуства публике не утиче значајно на звучно поље у коме се закаснеле рефлексије неометано шире изнад публике између зида сцене и колонаде портика (Gade & Angelakis 2006). Испитивање акустичког модела Старог позоришта у Епидаурису (IV век пре н. е.) које има 2000 места, и Великог позоришта у Епидаурису (IV–II век пре н. е.) са 14000 места показало је да сценски објекат доприноси раним рефлексијама и повећању времена реверберације, само уколико је извор звука (глумци) треба близу рефлектујуће површине (Gade & Angelakis 2006). Акустичка симулација шест модела античких позоришта – минојског, пре-есхилског, ранокласичног, класичног, хеленистичког и римског модела – показала је да се са еволуцијом античког позоришта продужавало време реверберације, услед одбијања звука о бински објекат и портико. Такође се повећавао и ниво звука (Chourmouziadou & Kang 2008). У овом еволутивном процесу дошло је до затварања архитектонске форме, спуштања просценијума, повећања нагиба гледалишта и коришћења чвршћих материјала.

И грчка и римска позоришта показала су добру разумљивост говора, како у акустичким мерењима *in situ*, тако и у рачунарским симулацијама. У римском позоришту, са већим нагибом и уопште мањим гледалиштем, постигнута је разумљивост говора од преко 70% на свим позицијама у гледалишту. Време реверберације T_{60} је испод 0,2 s тако да су ови простори неодговарајући за музичка извођења, али задовољавају услове за соло инструментална и вокална извођења. Време реверберације је значајно дуже у римским него у грчким позориштима (Rindel 2011a). Са повећањем нагиба гледалишта смањен је размак између извора звука и слушаоца. Бочна седишта грчког позоришта (преко 180°), примају закаснеле рефлексије, те су то лошија места у односу на сва остала. Са повећањем апсорпције услед присуства публике, повећава се и разумљивост говора, нарочито за удаљене позиције слушалаца. Сценски објекат различито утиче на акустику у зависности да ли су глумци у оркестри или на бини (Vassilantonopoulos & Mourjopoulos 2003).

❖ Акустички судови

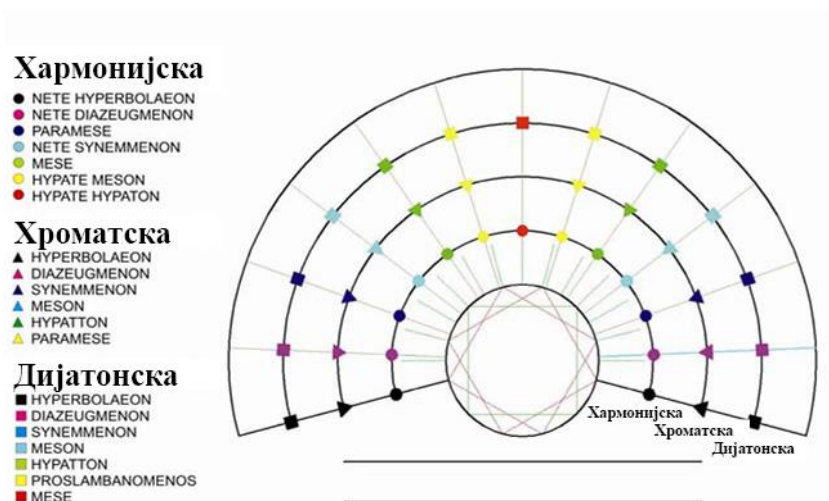
У намери да се неутралишу закаснеле рефлексије Витрувије је препоручивао уградњу акустичких судова у одређеним критичним тачкама. Није дао тачан опис величине и облика бронзаних акустичних судова, а до данас нису нађени на античким локалитетима. Ипак, у појединим античким позориштима пронађене су шупљине које би могле да одговарају Витрувијевом опису, као на пример у римском позоришту *Beth Shean* у данашњем Израелу, двадесет ниша у Гераси у Јордану, седам у Скитополису у Сирији (Barba Sevillano et al. 2008), дванаест у грчком позоришту у Аизани у Фригији, осам у римском позоришту у Никополису, и по тринаест ниша у позориштима у Јерапетри, Гортину и Литосу на Криту (Godman 2006).

Делотворност акустичких судова чест је предмет расправа и данас. То су акустички резонатори чији је ефекат могао бити апсорпција или израчавање звука, у зависности од унутрашњих губитака резонатора (Karampatzakis et al. 2011), односно стварање *вештачке реверберације* само појединих хармоника или су пак служили као помоћ певачима како би могли да ослушну која је одговарјућа висина тона (Godman 2006). Витрувије је писао да је сврха ових судова да повећају јасноћу, а не снагу звука. Данас је познато да је апсорпција звука могућа са Хелмхолцовим резонаторима, који су делотворни у уском фреквенцијском опсегу. Хелмхолцови резонатори су самостојећи апсорбери звука са наглашеним резонантним понашањем. Главно својство им је ваздух затворен у чврстом делу који је уским отвором повезан са окружењем. Ова два дела чине запремину и врат Хелмхолцовог резонатора. Основна претпоставка је да је величина Хелмхолцовог система мала у односу на таласну дужину звука. Такође, овај систем има само једну резонантну фреквенцију у опсегу од интереса на којој је апсорпција максимална, а зависи од величине отвора, дужине врата и запремине резонатора, али не и од његовог облика. Поред резонантне фреквенције важна је још и ширина апсорпционог опсега, као и стопа опадања звука у резонатору. Опсег апсорпције зависи од трења у самом резонатору. Ниска вредност

резонантне фреквенције често се одражава у уском апсорпционом опсегу од само неколико херца. За максимални учинак, Хелмхолцов резонатор треба да буде позициониран у зонама простора у којима је снажан ефекат стојећих таласа на одређеним фреквенцијама. Како би покрили главни део говорног фреквенцијског опсега морали су бити различитих димензија (Kurtović 1990, 427). Сходно томе има смисла применити различите величине судова тако да скупа покривају опсег од две октаве, како је описао Витрувије, односно од 220 Hz до 880 Hz према Аристоксеновом музичком систему. Сматра се да су судови могли да служе и умањењу рефлексивности звука о конкавне површине (Rindel 2011a). Експеримент са судом од бакра показао је да његова функција, било као апсорбера било као појачивача звука, искључиво зависи од његове позиције у односу на извор звука и рефлектујуће површине. Математички модел такође је указао да је могуће да је овакав суд имао улогу звучника, појачавајући одређене фреквенције до 18dB када је адекватно постављен у позоришту (Karampatzakis et al. 2011).

Дијатонска лествица била је најчешће коришћена у грчкој и римској музици. Како је показано у поглављу 3.1.2 хармонијска лествица је најсложенија јер садржи два интервала мања од полутона, односно два четврт тона. Према Витрувијевом опису, судови штимовани у хармонијском моду требало је да буду постављени у првом, најнижем луку где се налазе и најважнија седишта. Он такође каже да су у мањим позориштима постављани само судови штимовани према хармонијској лествици. Овде је важно приметити да су сви тонови првог хармонијског лука непроменљиви тонови, односно први и последњи тонови тетракорда који су фиксни. Ови тонови заправо припадају свим лествицама – и дијатонској и хроматској и хармонијској. Сходно томе, иако их Витрувије назива „судовима хармонијске скале“, они заправо појачавају најважније тонове грчког музичког система које садржи свака грчка или римска мелодија, независно од тонске скале. Само три од судова дијатонског лука су фиксни тонови, док осталих десет резонира на фреквенцијама својственим искључиво дијатонској лествици. На основу Витрувијевог описа уочава се да су судови који имају фреквенције

непроменљивих тонова постављени у првом луку и у централној зони позоришта. Такође, судови са високим фреквенцијама (600–880 Hz) постављени су на бочним странама гледалишта, док се у централној зони налазе судови ниских фреквенција (220–400 Hz) (Barba Sevillano et al. 2008).



Слика 37: Позиционирање акустичких судова у великим античким театарима, према препорукама Марка Полија Витрувија. Извор: (Karampatzakis et al. 2011)

Путописац Онторио Бели (Ontorio Belli) је 1580. године описао позориште у Литусу (Lyttus), једном од најзначајнијих градова античког Крита. У њему је пронашао по 13 акустичких судова распоређена у три реда резонантних шупљина. Иако је данас непозната тачна локација овог позоришта, према детаљном Белијевом опису направљен је рачунарски модел. Испитивање модела показало је да су акустичка својства позоришта у Литусу без акустичких судова, веома слична позоришту у Епидаурусу, а да акустички судови значајно утичу на одређене параметре, као што је акустичко тежиште⁶². Без резонатора акустичко тежиште остаје уједначено, а са резонаторима се повећава у њиховом непосредном окружењу (Polychronopoulos et al. 2013). Повећање вредности акустичког тежишта

⁶² Акустичко тежиште T_s је податак на временској оси импулсног одзива, када је енергија почетног дела импулсног одзива једнака енергији остатка импулсног одзива. Другим речима, параметар T_s омогућава дискретну поделу импулсног одзива на рани и касни период.

указује на доминацију закаснеле реверберантне енергије, односно појачава се акустички утисак просторности из позиције слушаоца. Овај акустички параметар у вези је и са разумљивошћу говора (Ahnert & Schmidt 2005). Модел је такође показао да резонатори минимално утичу на појачавање звука (Polychronopoulos et al. 2013).

❖ *Teatrum tectum*

Недалеко од позоришта грађени су одеони. С обзиром да су ови простори неизоставно били наткровљени (*teatrum tectum*, лат.), били су и значајно мање величине у односу на античка позоришта. У Грчкој су били искључиво намењени музичким такмичењима, а у римском периоду постали су вишенаменски простори, коришћени за позоришне представе, музичка извођења, такмичења у поезији, пантомиме и сл. (Karadedos et al. 2011). Одеони су грађени недалеко од знатно већих отворених позоришта, која су пак често била у близини храмова (Haddad & Akasheh 2006). У одеонима је високо друштво Римског царства могло да ужива у извођењима без бојазни од временских услова. Архитектонски тип римског одеона представља еволуцију грчког булеутериума, који потиче од великих хипостилних сала атичког типа. Булеутерија је била зграда са кровом у којој се састајао парламент. Овај тип објекта јавио се крајем VI века пре н. е. Био је увек правоугаоног облика, због техничког ограничења подупирања кровне конструкције, али у унутрашњости су редови седишта могли да буду распоређени правоугаоно (у Атини, крај VI века пре н. е.) или полукружно (Атина, V век пре н. е.).

У развоју одеона разликују се три главне фазе у којима је дошло до значајних побољшања, како визуелних тако и звучних својстава унутрашњег простора. У првој фази простор је био правоугаон и подужно развијен, тако да се позорница налазила на краћој страни, а дрвена кровна конструкција ослањала се на бочне зидове. То је условило мањи број места са стране и краћу позорницу. У другој фази, одеон је грађен тако да је издужен по ширини, те да је позорница смештена на дужој страни, а кровна конструкција ослоњена на зид иза позорнице и иза публике. На овај начин побољшана је видљивост као

и акустичка својства простора. Римски одеони остали су правоугаони споља до друге половине II века, у периоду док техничке могућности надкровљавања полукружног објекта још нису биле развијене. У крајњем стадијуму развоја римски одеон је "П" облик спољног зида заменио полукружним што је значајно допринело побољшању акустичких својстава (Karadedos et al. 2011).

Одеони су били грађени од чврстог материјала – камена – и имали су отворене прозоре зарад вентилације и осветљења. Отворени прозори и публика представљали су главне акустичке апсорбере (Rindel 2011b). Време реверберације такође је регулисано тешким драперијама које су се спуштале са плафона (Shankland 1972). Недавно компаративно истраживање рачунарских модела шест римских одеона из свих развојних фаза, показало је да су дворане издужене по ширини, упркос мањој запремини, имале дуже време реверберације него оне издужене по дубини. Анализа акустичких параметара такође је потврдила да су се паралелно са архитектонским развојем одеона побољшавала и његова акустичка својства, те се, сходно томе, повећао распон догађаја и извођења које је овакав простор могао да подржи (Karadedos et al. 2011). Високе вредности за време реверберације – Аоста одеон чак и када је пун има време реверберације 3,49 s – указују да су ови простори били више реверберантни у односу на позоришта, те да су били погодни за вокалну и инструменталну музику (Rindel 2011b).

❖ Глумачке маске

Даљем ширењу звука доприносило је и хорско певање, а претпоставља се да су глумачке маске додатно појачавале звук (Beckers & Borgia 2009; Haddad et al. 2003). Маске су биле важне и за осликавање карактера ликова античког позоришта. Њихова преувеличана уста указују на могућност да су коришћене као мегафони (Arns & Crawford 1995). У историји позоришта сматра се да су маске са једне стране омогућавале глумцу да се у потпуности преда улози коју игра и изгуби своју личност, а са друге стране, сматра се да је маска имала извесна акустичка својства, односно да је омогућавала да глумчев глас допре до најудаљенијих седишта у гледалишту (Harvud 1998, 61). Маске

су коришћене и у трагедијама и у комедијама. Иако се не зна тачно да ли су прекривале и уши глумца, акустичко истраживање импулсног одзива из позиције и глумца и слушаоца показало је да маске значајно појачавају говорни сигнал, чак и када не прекривају уши. Уочено је појачање у зони високих фреквенција, што би вероватно било у мањој мери изражено да су урачунате и перике које су, према античким сликама, биле такође коришћене. Маске су могле да имају ефекат филтера у зависности од угла, те би појачавале звук и разумљивост говора за слушаоце који су ван осе глумчевог гласа (Tsilfidis et al. 2011).



Слика 38: Римски мозаик који приказује маске за трагедију и сатирску игру. Извор: (Harvud 1998, 34)

4.3 Хришћанска сакрална архитектура средњег века

4.3.1 Рађање литургијске драме

У периоду касне антике напуштали су се драмски и литерарни садржаји, а програм позоришта постепено се окретао према спектаклу. Програми театра и амфитеатра временом су се приближили, те како би се избегла градња нових објеката, позоришта су преузела функцију амфитеатара, а архитектонски су прилагођавана да служе још гладијаторским и венаторским (ловним) играма. У суровим спектаклима убијани су најчешће хришћани, те су ови простори називани „арене мученика“. Сходно томе, Хришћанска црква анатемисала је све типове спектакла, као и њихове учеснике. Арилски концил је 314. године изједначио позориште са амфитеатром, а глумцима и музичарима забрањен је приступ цркви, прогањани су, па чак и спаљивани (Роровић 1986, 56).

Међутим, Хришћанска црква увидела је пријемчивост народа за позориште и могућности комуницирања идеја кроз драмске представе. Стога је, поред сликовних и скулпторалних приказа, увела и драму како би изразила своје мистерије. Са намером да оживи хришћанску веру и живописно приближи верницима Христова страдања, Црква је користила *литургијске драме* – литургијско дело трансформисано у ритуалну драму (Harvud 1998, 95) – у којима су свештеници „глумећи“ преносили поучну поруку хришћанске вере (Роровић 1986, 57). Божја служба постала је драмска представа која кроз јасно подељене улоге, попут грчке трагедије, говори о губитку милости, патњи, обнављању живота, и слично. Мистерија омогућава трансформацију материје – хлеба у тело Христово и вина у крв Христову, приказујући тако чин драме која захтева публику, односно скуп верника и њихово потчињавање разуму несхватљивој вери (Harvud 1998, 94). Византијска црква увела је хомилије – проповеди свештеника који све више глуме, и хорове који певају али и одговарају, уводећи временом народни мелос, плесове и химне. Тако су одржани елементи античког драмског позоришта – костимирање глумаца тј. свештеника, приношење жртава, улазак на једна а излазак на друга врата

(којих као и у позоришту има троја), литије, певање, музика, дијалог појединца и хора, гестикулација, опојни мириси, итд. (Pоровић 1986, 85).

Иако није тачно познато како је изгледала религиозна драма у Византији, јасно је да се у архитектури све више пажње посвећивало решавању унутрашњости цркве како би могла да подржи чин богослужења. Извесни Лиутпрандо, епископ из Кремоне који је два пута у X веку посетио Цариград, записао је да се храм Свете Софије претварао у позориште. Том утиску свакако је доприносила величанствена унутрашњост цркве, као и раскошна верска служба (Pоровић 1986, 81). За изражавање мистерија хришћанства у средњем веку коришћени су црквени простори као јединствен оквир целокупног оновременог разумевања света. Нису грађена трајна позоришта, већ једино што је остало до наших дана јесу цркве у којима се одигравао *религиозно-театрални спектакл* (Pоровић 1986, 65). Финансијска средства која су у антици била намењена играма, у средњем веку добијала је црква за грађење својих објеката, подизаних често управо на местима на којима су некада одржавани спектакли. Чак су и античка позоришта претварана у руднике, те се њихов камен користио за подизање нових цркава (Pоровић 1986, 84). Хришћански император Јустинијан је у VI веку затворио сва позоришта у царству (Harvud 1998, 92). Тек у касном средњем веку позоришта су враћена у живот заједнице, а од почетка XVI века религија више није могла да представља темељ позоришта (Harvud 1998, 120).

У византијској цркви говорило се језиком разумљивим народу, док је служба западне цркве била искључиво на латинском језику. Од X до XII века у западној хришћанској цркви највише су игране литургијске драме, као што су Ускршња игра, Божићна игра која је убрзо прерасла у игру Три краља која прате Звезду, а у манастирима су то биле интерне прославе заштитника или оснивача манастира. У првом периоду игре су биле део богослужења, те је коришћен простор олтара, апсиде, трансепта, деамбулаторијума и бродова, у којима је оствариван непосредан додир са верницима (Pоровић 1986, 59). У касном XII и раном XIII веку мистерије су у западној Европи изашле из цркава

на улице и почеле су да се изводе на народном, а не више на латинском језику. То је била *природна еволуција позоришта*. Црква је одобравала постављање представа са религиозним темама, јер је сматрала да оне оснажују веру у народу. Представе су постале неизоставан део урбаног живота, а трговци и занатски еснафи су их финансирали, јер су привлачиле велики број посетилаца из различитих крајева света (Harvud 1998, 104). Спектакуларно византијско богослужење утицало је на црквену службу, што је касније изнедрило западно средњовековно позориште (Роровић 1986, 81). Дакле, у средњем веку позориште се вратило храму из кога је и потекло у антици, и у смислу архитектонског простора и у смислу програма који се изводио. Иако се хришћанство званично залагало за укидање позоришта, оно је управо омогућило да се позориште на известан начин очува и поново оживи у ренесанси, упркос дисконтинуитету у архитектонској форми и драмској игри.

4.3.2 Однос богослужења, архитектуре и акустике црквених простора

Истраживање сакралне архитектуре непотпуно је уколико се не укључи и акустичко истраживање њених унутрашњих простора, јер је архитектуру немогуће разумети и свеобухватно сагледати без разматрања аспекта звука (Navarro et al. 2009). У хришћанској цркви литургија, музика и акустика преплићу се у динамичком односу према архитектури у оквиру које су се развијале кроз историју (Suárez et al. 2013). Црквена архитектура настајала је како би задовољила потребу активности хришћанске религијске праксе. То је место на којем се родила и развијала музика западног друштва (Navarro et al. 2009), а богослужење је преносило реч божју. Из тог разлога процена акустичких услова у црквама веома је важна за разумевање хришћанског културног наслеђа (Suárez et al. 2013).

Развој црквених обреда и литургије уско је повезан са променама унутрашњег простора цркава кроз историју (Krauthajmer & Ćurčić 2008, 96). У

најранијем периоду хришћанства, још за време Римског царства, за окупљање верника и прославе коришћени су простори приватних кућа. Већ од другог века богослужење је било јасније дефинисано и обично се састојало из два дела – читања светих списа, проповеди, заједничке молитве и троделне мисе. Први простори намењени овим активностима називани су *domus ecclesiae*. То су биле иницијално приватне куће које су поставши власништво хришћанске заједнице преуређене за потребе богослужења. Жижна тачка пажње верника била је катедра. С обзиром да су ово били уски простори малих запремина време реверберације⁶³ било је кратко (око 1 s), а захваљујући првим рефлексијама била је одлична разумљивост говора. То је свакако ишло у прилог основној намени ових простора, а то је проповед (Suárez et al. 2013).

Како је број верника растао, обликовао се и нови тип објекта – *domus Dei*. То је био већи простор, који су делила три пара стубова, формирајући централни и два бочна брода. Већ тада је био јасно диференциран простор намењен искључиво свештенству. Са повећањем запремине продужило се и време реверберације (1,32 s за пун простор), а редуковане су прве рефлексије, те је смањена разумљивост говора. Ипак, ритмичким читањем које је прилагођено времену реверберације могуће је побољшати разумљивост говора у овим просторима (Suárez et al. 2013).

Солунским едиктом 380. године хришћанство је проглашено за званичну религију Римског царства. Сходно томе јавила се потреба да се граде објекти у којима би се обављало богослужење, а који би такође могли да приме растући број верника. У том циљу, као одговарајући архитектонски модел усвојена је римска базилика. Подужна форма базилике имала је дрвени плафон, а завршавала се полукружном апсидом, засведеном четвртином сфере. Верници су се окупљали у наосу, а свештенству је била намењена апсида. Временом су развијани архитектонски елементи који су диференцирали унутрашњи

⁶³ Време реверберације је акустички параметар који је без изузетка анализиран у свим објектима за које је рађено акустичко мерење *in situ* или акустичка рачунарска симулација. Најчешће се даје у односу на запремину простора. Анализе осталих акустичких параметара разликују се у зависности од истраживања.

простор базилике за различите намене, као што су катедра, хор, олтар и сл. Катедра, уздигнута у апсиди и окружена седиштима за црквене старешине, постала је централна тачка литургије, са које је бискуп председавао литургијским збором. До V века олтар је био у средини централног брода, а касније је премештен између апсиде и главног брода. У новој литургији⁶⁴, олтар је постао фиксан, грађен од чврстог материјала и повезан са реликвијама мученика. Свештенство, које је одражавало девет небеских хијерархија анђела, изводило је обред уско повезан са узвишеним местом, намењен да „*призове слику невидљивог света који се средишти око божанства*“ (Krauthajmer & Ćurčić 2008, 218). Цар је такође имао своје место у небеској хијерархији. Сматрало се да је једнак апостолима још од Константиновог доба, а од X века преузимао је улогу Христа у свечаностима, те је ломио и благосиљао хлеб, приносио путир својим уснама након државних вечера и сл. Такође је одражавао и световне облике Бога – силу и правду, док је патријарх представљао верске облике. Важност међуутицаја цара и свештенства за успостављање и одржавање хришћанског Византијског царства симболизован је у великом поткуполном простору Цркве Свете Софије у Цариграду. Симболичко тумачење архитектуре било је блиско људима средњег века. Томе у прилог говори и следећи песнички опис унутрашњег простора цркве:

„Иако мала, каже песник, личи на свемир. Њен свод се шири као небеса и сија мозаицима као небески свод звездама. Њена високо уздигнута купола се пореди са Небом Небеса, где Бог обитава, а њена четири лука представљају четири стране света, са својим шареноликим бојама попут дуге. Њени су ступци као планине на земљи; њени мермерни зидови сијају као светлост лика који није створио човека већ Бог; три прозора у апсиди симболишу Тројство, девет степеника који воде до светилишта представљају девет хорова анђела. Укратко, закључује песник, зграда представља небо и земљу,

⁶⁴ Средином III века напуштен је грчки, те је богослужење извођено на латинском језику.

апостоле, пророке, мученике и, заправо, Бога.“ (Krauthajmer & Ćurčić 2008, 219)

Црквена музика раног средње века била је искључиво једногласна и вокална, при чему је певање могло бити *псалмодично* – када доминира реч над мелодијом, и *мелизматично* – када доминира мелодија над речима. У оквиру богослужења све више су певани псалми и химне, при чему су сви окупљени учествовали у певању (Suárez et al. 2013). Црква је настојала да начин певања буде уједначен у свим хришћанским крајевима. Како би се напеви пречистили од свих локалних утицаја, Папа Гргур Велики (540–604) направио је збирку напева – *Антифонар* – за које је сматрао да садрже трајне вредности пожељне у црквеном богослужењу. Тај начин певања по њему је понео назив *грегоријанско певање* или *грегоријански корал* (Ђурић 2006, 10). Целокупан корални репертоар је једногласан.

Запремине простора првих базилика често су прелазиле преко 10000 m³. Истраживање је показало да је време реверберације било веће у односу на претходне сакралне просторе хришћанства, T30= 2,75 s (Suárez et al. 2013). Сходно томе, говорна комуникација и разумевање проповеди било је отежано. Апсида и катедра постале су жижне тачке литургије, место где се налази бискуп. Конкавни облик апсиде утицао је на акустичка својства базилике, повећавајући број првих рефлексија. Појање и свечано певање текста у кратким фразама и наглашавање интерпункције побољшавали су разумљивост говора у базиликама. Додавањем завеса између стубова унутрашњи простор базилике даље је преграђиван, још уочљивије раздвајајући свештенство од осталих верника. Завесе су свакако повећале апсорпцију звука, те је са њима време реверберације смањено на 1,88 s (Suárez et al. 2013).

Величина базилика временом је расла повећавајући број бочних бродова, а интимност у унутрашњем простору се губила. Све су се више наглашавале вредности самог обреда, а смањивало се активно учешће верника. Овако већи простори били су више реверберантни и погоднији за певање него за говор.

Нису коришћени музички инструменти, а тексту је придавана важност колико и мелодији. До IV века једина дефинисана улога била је онога који чита током хришћанског богослужења. Онда се јавила потреба за водичем који ће даље упућивати скуп верника шта треба да ради током богослужења. Било је важно да тај *читач-кантор* буде адекватно позициониран у простору базилике како би људи разумели поруку. Стога је био окренут публици са, кад год је било могуће, надвишене позиције, те је тако настао амвон. Од V века уведене су специјализоване групе певача. Затим је дошло до даљег раздвајања верника од свештенства, и то дуплим редом стубова који су дефинисали место намењено искључиво свештенству. Основе базилика у облику крста почеле су да се граде након увођења трансепта у Цркви Светог Петра и Светог Павла у Риму, стварајући тако још додатног места за свештенство. Не много богата орнаментика унутрашњег простора и равне рефлектујуће зидне површине, доприносиле су повећању времена реверберације на чак 3 s у пуној цркви, а са завесама између стубова 2,64 s (Suárez et al. 2013).

Почевши од VI века, разлике у погледу сакралне архитектуре Истока и Запада постајале су све израженије. Базиликални тип сакралних грађевина, који је водио порекло из раних римских времена, остао је као основ западне архитектуре током читавог средњег века и касније. Сводни системи романике и готике такође су баштинили овај тип основе. Међутим, архитектура цара Јустинијана на Истоку прекинула је са традицијом базилике и окренула се засвођеним црквеним грађевинама централног типа, које су познате још од IV века, али су биле пројектоване за посебне намене – као палатинске цркве или мартријуми. Тек је градитељство под царом Јустинијаном усталило правило централног плана са куполом и сводом од опеке. Тако су одређене одлике и развој сакралне архитектуре Истока, али и подстакнуте јасне различитости у архитектонском пројектовању Истока и Запада. Надаље су развијане локалне варијације. Византијска архитектура, укореењена у касној антици, почела је са Јустинијаном. За развој овог типа архитектонске основе, од пресудног значаја био је развој литургије на егејском приобаљу. Још од раног V века, богослужење се одигравало у главном броду, при чему је долазило до

постепеног развоја процесijsких улазака. Тако су верници у великој мери били искључени из службе, заузимајући место у бочним бродовима, галеријама и егзонартексу. Временом се почело са праксом ограђивања главног брода парапетом, чинећи га тако неприступачним из помоћних простора. Насупрот томе, централна основа у потпуности је одговарала потребама службе, јер је средишњи поткуполни простор био и архитектонски и литургијски центар збивања, који није захтевао никаква ограђивања (Krauthajmer & Ćurčić 2008, 203-4).

Током историје Православне цркве литургија је поднела незнатне измене. Ово упућује на веома тесан однос њене архитектуре и акустике. Анализом односа времена реверберације и запремине православних цркава у Србији, Грчкој и Русији, показано је да постоји утицај јасно дефинисаних правила грађења – сличности у димензијама и акустичким одликама. Ово говори у прилог тези да је нематеријално акустичко наслеђе нераздвојни део културног наслеђа (Elicio & Martellotta 2015). Ту је важно уочити утицај појединих архитектонских елемената. Средњовековној архитектури православних цркава својствене су куполе над централним простором. У акустичком смислу оне су веома важне. Студија Цркве Светог Николе у Барију показала је да касне рефлексије о куполу доприносе уједначавању реверберације, а да је апсида заслужна за прве рефлексије (Elicio & Martellotta 2015). Такође значајан утицај има и иконостас, са својственом обрадом своје незанемариве површине. С тим у вези, такође, може се испратити аналогија иконостаса и театарског задњег зида (Burckhardt 2007, 78), како у визуелном, тако и у акустичком смислу.

Још једна често коришћена форма у сакралној архитектури јесте ниша. Богато значење нише провлачи се не само кроз хришћанску, већ и кроз хиндуистичку, будистичку, персијску и исламску уметност. Она представља *светињу над светињама*, место епифаније божје – било да је она приказана сликом у ниши, апстрактним симболом или је сугерише сама архитектонска форма нише. Ниша представља сведену слику *пећине света*, при чему њен свод

одговара небеском, као и код куполе храма, а стубови кореспондирају са правоугаоном основом светилишта. У исламској архитектури *михраб* је молитвена ниша окренута према Меки, место са којег имам, који предводи намаз, стоји пред верницима који за њим понављају покрете. Примарна функција ове нише јесте акустичка – да омогући ехо ка њој изговорених речи. Она је симбол Божанског Присуства, јер је Божја реч непосредно објављена у Кураану. Форма михраба подсећа на кор или апсиду. Ова аналогија потврђује се и симболички, кроз постављање светиљке у врх нише (Burckhardt 2007, 153). Глас имама се захваљујући михрабу појачава и снажније се чује у целој џамији, стварајући утисак да глас долази са тајновитог места које слушалац не може да опази, а ипак јасно чује звук (Suárez et al. 2005). Сличан ефекат показан је и у студији катедрале Сантјаго де Компостела у Галицији, где се услед недостатка директног звука ствара утисак да звук долази одасвуд, при чему се гласови певача стапају (Suárez et al. 2015). Овакви акустички услови били су прихватљиви у просторима у којима је религијска пракса била таква да разумљивост текста није имала велики значај.

За разлику од архитектуре православних храмова, у средњовековној градњи католичких катедрала све више се тежило монументалности. То је довело до значајног повећања запремине унутрашњих простора и усвајања камена као грађевинског материјала зарад обезбеђивања трајности споменику. С тим у вези јавила се веома изражена жеља, која је у значајној мери ограничавала разумљивост говора. Акустичка својства нове архитектуре, која је требало да прими све већи број верника, довеле су до неминовних промена у развоју литургије. На службама се певало од самог почетка хришћанства. Стил тог певања преузет је од оног из синагога, имао је рецитативни карактер и био више или мање развијен. Певани део литургије био је оснажен реверберацијом базилике. Верници су тешко разумевали текст, а нису баш лако могли ни да лоцирају извор звука, тако да се са правом може рећи да су акустичке одлике утицале на доживљај богослужења (Suárez et al. 2013). Звучна својства ових простора постале су својеврсни заштитни знак, појачавајући емотивни одзив верника, те је дошло до повезивања

реверберације са хришћанском религијом и то нарочито Католичком црквом (Suárez et al. 2013). Овакви акустички услови одредили су и даљи развој музике. Не може се са сигурношћу тврдити, али чини се да се заматак полифоније налази у међусобном односу грегоријанског корала и простора у којима је извођен. Дуго време реверберације, својствено романичкој архитектури, учинило је да слушацац истовремено чује тонове који су изведени један за другим. На тај начин, верници, односно публика, временом су се привикавали на звук полифоније, при чему су акустички услови одиграли суштинску улогу (Navarro et al. 2009). Идеја полифоније или вишегласја јавила се средином IX века, како би додавањем новог гласа или гласова у паралелним интервалима обогатила корал (Judkin 2003, 355). Вишегласје је у Западној цркви почело снажније да се развија од XII века, при чему се разликују *ars antiqua* и *ars nova*. Вишегласје се најпре јавило у облику двогласа, те су се у оквиру арс антике (XII–XIV век) јавили *органум* – грегоријанску мелодију паралелно је пратио други глас у интервалима кварте или квинте⁶⁵, и *дискант* – гласови су се кретали у супротном правцу у интервалима квинте и октаве⁶⁶. У оквиру арс нове (нова уметност) у XIV веку развили су се облици *кондуктус* – једногласан или вишегласан, световног или духовног карактера, са текстом на латинском језику, и *мотетус* – истовремено развијање различитих мелодија са различитим текстовима (Ђурић 2006, 13).

Типови цркава у касном средњем веку зависили су од религиозног реда за који су подизане. Примера ради, Доминикански ред просјачке браће⁶⁷ ограничио је величину својих цркава, водећи рачуна да главни брод не буде исувише висок. Фрањевачке⁶⁸ цркве нису биле засведене, већ су се дрвене

⁶⁵ Данас се под органумом подразумевају све врсте примитивног певања (Ђурић 2006, 12).

⁶⁶ Данас се под дискантима подразумевају високи тонови (Ђурић 2006, 12).

⁶⁷ Званични назив овог римокатоличког реда је Ред проповедника (*Ordo Praedicatorum*, лат.). Ред је основао Свети Доминик Гузман 1216. године. Водећи теолози доминиканског реда су Тома Аквински и Алберт Велики.

⁶⁸ Фрањевачки римокатолички ред или Ред мале браће (*Ordo fratrum minorum*, лат.) основао је Фрањо Асишки 1209. године.

греде ослањале на попречне лукове. За разлику од Цистерцијанског реда⁶⁹ који је тежио тробродним базиликама, фрањевачке цркве биле су једнобродне, без иједног стуба који би ометао видљивост из ма које позиције. Овакви ставови у архитектонском пројектовању имали су свој одраз и у акустици унутрашњих простора цркава, те се може рећи да се са Доминиканским и Фрањевачким монашким редом јавила повећана разумљивост говора, а проповеди су доживеле свој препород. Сходно томе, и проповедаоница је добила на значају. Поред тога што су приближавале проповедника верницима у физичком смислу, односно скраћивале растојање између извора и примаоца звука, проповедаонице су биле и наткровљене тако да су обезбеђивале прве рефлексије звука (Navarro et al. 2009).

Са краја средњег века остали су шути извори о архитектонско-акустичком пројектовању. Тако је Леон Батиста Алберти, у свом делу *О уметности грађења у десет књига*, дао, између осталог, и поједине смернице које се тичу звука у простору. На пример, у књизи VII/3 каже да се глас свештеника док проповеда може чути на већој удаљености у базиликама које су покривене дрветом, него у засведеним храмовима (Alberti 1988, 195). У књизи V/9 каже да за било који простор у коме треба да се слушају говори, песма или да се води дебата није погодно засвођавање каменом јер он рефлектује звук, већ је добро користити сложену дрвену таваницу јер она резонира, одјекује (Alberti 1988, 131).

Реформација Хришћанске цркве залагала се за коришћење матерњег језика при богослужењу, те је осветлила проблем величине цркве са акустичког становишта. Димензије протестантске цркве одређиване су досегом гласа (Navarro et al. 2009).⁷⁰ Реформаторске цркве, нарочито оне

⁶⁹ Цистерците, римокатолички црквени ред, основао је 1098. године Роберт из Молема. Најистакнутији члан овог реда био је Свети Бернард од Клервоа.

⁷⁰ Поводом изградње Лондона, након великог пожара 1666. године, исти став образложио је и Кристофер Рен, истичући да просечан проповедник не може да се чује даље од 15 m (50 стопа) испред, 9 (30 стопа) m са стране и 6 m (20 стопа) иза себе. Тако је у писму упућеном Парламенту 1708. године, нагласио да цркве морају бити довољно мале да свако може да види и чује проповедника (Navarro et al. 2009).

подизане после реформације, имале су мању запремину и просечну висину у односу на католичке цркве. Грађене су мање цркве, а велике катедрале често су преграђиване на неколико простора за богослужење, што је скратило време реверберације и значајно побољшало акустичка својства простора, посебно разумљивост говора. Акустика је нарочито побољшана у лутеранским црквама у Немачкој и презбитеранским у Шкотској, где су камене површине прекривене дрветом, а седење проширено за веће заједнице. Томе у прилог говори и анализа 16 хришћанских богослужења у Швајцарској (Desarnaulds & Carvalho 2002). Анализа је указала на постојање међсобно другачијих акустичких захтева, услед разлике између богослужења у реформаторској цркви, које је једноставно и прилагодљиво, и католичке мисе, која је сложенија, динамичнија, али и ригидније одређена. Реформаторско богослужење траје 56 ± 8 минута, при чему је проповед главни део и заузима трећину укупног времена. Стандардна католичка миса траје 55 ± 6 минута и обухвата четири временски једнаке активности: говорни део, читање и хомилије, певани део и контемплативне моменте (оргуље или тишина). Значајно је запазити да је музички део дужи у католичкој миси него у реформаторском богослужењу, и једнако подељен између коралног певања и оргуљашких деоница. Такође, присуство хора током свечаних прослава има свој активни део у богослужењу (25 % у миси и 16 % у реф. цркви), при чему се значајно скраћује говорни део, али не утиче на певани део нити на период тишине. Дакле, са присуством хора продужава се музички део богослужења у оба случаја (Desarnaulds & Carvalho 2002).

Тридентски сабор, деветнаести екуменски сабор Католичке цркве одржан од 1545. до 1563. године, требало је да реши питање протестантизма и подстакне обнову Цркве. На њему је потврђено званично учење и уједначен је начин слављења мисе у целој Католичкој цркви. Реформе Тридентског сабора наглашавале су потребу да музика буде прикладна за разумевање текста. Свештеници су гледали ка олтару током већег дела мисе, тако да су им леђа била окренута верницима. Само током предавања, које је такође било на латинском језику, свештеник се окретао скупу, а проповед је била на локалном

језику дата са проповедаонице.⁷¹ Показано је да је разумљивост говора слаба уколико је извор (свештеник) окренут ка олтару, али да су акустички услови за говор значајно побољшани у случају када је извор звука са проповедаонице окренут ка скупу, услед смањења растојања између извора и пријемника, те обезбеђивања првих рефлексивних о куполу проповедаонице (Alvarez-Morales & Martellotta 2015). Како би се повећала разумљивост требало је појачати звук у цркви, што се у веома великим просторима католичких катедрала постизало полифонијом и музичком пратњом (Suárez et al. 2005). Такође је установљено да у католичким катедралама долази до велике разлике у акустичким параметрима у зависности од тога да ли је црква пуна верника или празна. Примера ради, акустичка симулација модела романичке катедрале Сантјаго де Компостела у Галицији показала је да је време реверберације у празној цркви 8,15 s, док је током мисе, захваљујући апсорпцији звука у присуству верника и ходочасника, оно смањено на чак 3,43 s. У бочним бродовима, који су намењени ходочасницима, звук је лоше разумљивости (C50 испод 10 dB) и слабе јасноће (C80 ван опсега 5 dB), али је присуство ходочасника важно јер повећава површину апсорпције звука. Анализом акустичких параметара показано је да је појање текста у спором ритму, са адекватним наглашавањем и интерпункцијом, побољшавало разумљивост текста, прилагођавајући тако звук времену реверберације. Такође је установљено да се јављају озбиљни губици у разумљивости говора и јасноћи музике кад је удаљеност извора и пријемника преко 20–25 m, због недостатка директног звука и првих рефлексивних (Suárez et al. 2015).

Из периода реформације сачувано је више докумената који сведоче о ондашњим ставовима да је тип таванице повезан са акустичким условима у цркви. Цркву Свети Франческо дела Виња, пројектовао је Јакопо Сансовино 1554. године. Саветодавну улогу при пројектовању и изградњи ове цркве имао

⁷¹ Тек након Другог ватиканског сабора, XXI васељенског сабора Католичке цркве одржаног од 1962. до 1965. године, цела црквена служба више није била на латинском већ на локалном језику (не само предавања и проповеди), а свештеницима је дозвољено да буду окренути ка скупу верника. Услед тога, уложени су додатни напори да се побољша разумљивост говора у овим просторима.

је фрањевачки фратар Франческо Ђорђи. У Меморандуму за Цркву Светог Франческа дела Виње, Ђорђи је такође посветио пажњу и акустици цркве:

„Препоручујем да се све капеле и хор засводе, јер реч или песма свештеника боље одјекује о свод него о кровне греде. Али у наосу цркве, где ће се држати проповеди, препоручујем плафон (тако да глас проповедника не побегне нити да одјекује о сводове). Волео бих да се касетира са што је више могуће квадрата, а у одговарајућим мерама и пропорцијама. (...) Ове касете, препоручујем, између осталог зато што су веома погодне за проповедање: ово стручњаци знају, а искуство ће потврдити.“ (Wittkower 1971, 156-7)

Препорука Франческа Ђорђија да се користи касетирана таваница јер је пригодна за проповеди, говори о извесном разумевању акустичких принципа дифузије звука. Сансовино је прихватио Ђорђијеве препоруке по питању пропорционисања цркве, али касетирана таваница никада није изграђена изнад главног брода, већ су кровне греде прекривене лажним сводовима (Navarro et al. 2009).

Језуитски монашки ред⁷² оставио је још неколико докумената који сведоче о разматрању односа архитектуре и акустике при подизању цркава. Прва језуитска црква у Мадриду основана је 1557. године. У једном писму послатом у Рим 1569. године, упућеном главном претпостављеном језуитског реда Светом Францису Борџији, старшина манастира пише да упркос великом простору (38 m x 11 m) црква има одличну акустику, и то управо захваљујући дрвеном крову. Писмо се завршава са тоном разочарења, указујући на то да цркве нису увек на овај начин покривене, већ се користе сводови који умањују разумљивост говора и уживање у проповеди. Иста тема потегнута је и у писму кардинала Александра Фарнезеа, које је 1568. године упутио Ђакому Бароцију да Вињоли, као пројектанту Цркве Ил Ђезу. Кардинал је у писму изнео само три захтева за пројектовање нове цркве – да се не

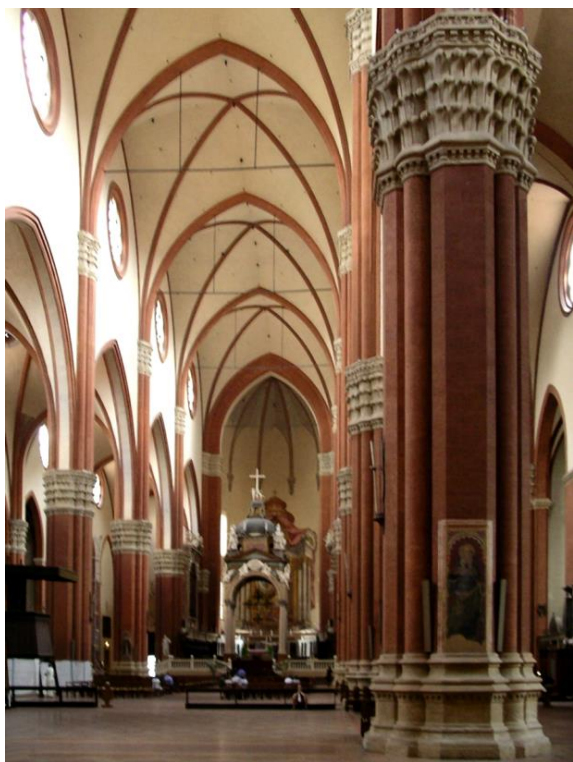
⁷² Исусовци, Језуити или Дружба Исусова (*Societas Jesu*, лат.) су римокатолички мушки ред, који је основао Игнасио де Лојола у Паризу 1534. године.

прекорачи одређени буџет, да црква буде пропорционисана према правилима црквене архитектуре (једнобродна, са капелама са обе стране) и да буде засведена. Иако је у писму навео да језуити верују да сводови ометају проповеди јер се јавља јака, те да препоручују дрвену таваницу, ипак је нагласио да Ил Ђезу треба да буде засведен, напомињући при томе да се цркве већих запремина веома добро прилагођавају гласу проповедника. Није познато на које цркве је тачно мислио. О језуитском уверењу да дрвена таваница доприноси повољним акустичким условима, говори се и у писму из 1567. године, које се тиче изградње Цркве Сан Феделе у Милану (Navarro et al. 2009).

У прилог спознаји важности микрогеометрије и могућностима кориговања акустике унутрашњег простора говоре резултати акустичке студије базилике Сан Петронио у Болоњи. Данас пета по величини црква у свету, ова тробродна базилика (димензија 130 x 60 x 44 m, 170000 m³) грађена је у готичком стилу, у периоду између 1390. и 1659. године. Преломљени лукови и ребра наглашени су црвеном опеком, док су зидови и сводови омалтерисани (Слика 39). Време реверберације у празној цркви варира од 13 s на 125 Hz до 5 s на 4 kHz, са 10,7 s на средњим фреквенцијама, а 12,5 s на ниским фреквенцијама. На основу мерења у празном објекту, калибрисан је рачунарски модел, како би симулирао акустичке ефекте током масовних прослава. Симулација је рађена за 6000 посетилаца, при чему је публика која седи распоређена у главном броду, док су у бочним бродовима била места за стајање. Такође је рачунато да је 150 музичара и певача укључено у прославу, за разлику од уобичајених активности када је било до 30 извођача. У оваквим условима, када је значајно повећана апсорпциона површина, време реверберације простора цркве било је умањено: 6,5 s је средња вредност за високе фреквенције, а 9,0 s за ниске (Martellotta et al. 2008).

Још у ранохришћанским базиликама тканине су постављане између стубова са циљем да се прегради или украси простор (Suárez et al. 2005). Архивско истраживање рачуна плаћених приликом организовања прослава дана свеца покровитеља Цркве Сан Петронио у Болоњи, у периоду од 1719. до

1927. године, довело је до нових информација: 1721. године купљено је око 1100 m² драперије дамаста, а већ следеће године још додатних 680 m². У архивама је пронађена гравура која приказује ентеријер базилике са тачним позицијама на којима су драперије окачене испред олтара, на луковима између бродова, као и на луковима травеја главног брода (Слика 39, десно). На основу прикупљених података и даљих анализа акустичког модела, закључено је да су драперије и публика значајно утицале на акустичко поље базилике, скраћујући на 5,2 s време реверберације средњих фреквенција. С обзиром да људи и драперије слабо апсорбују ниске фреквенције, T30 износило је чак 8,3 s. Употреба драперија показала је значајно смањење јачине звука, што може објаснити потребу за већим бројем певача током прослава (Martellotta et al. 2008).



Слика 39: Унутрашњост базилике Св. Петронија у Болоњи (лево) и гравура Скарселија (А. А. Scarselli) која представља исти простор окићен драперијама приликом сахране кардинала Грималдија 1733. године. Извор: (Martellotta et al. 2008)

Феномен **шапугавих галерија** био је познат током ренесансе. Данас је један од познатијих примера базилика Светог Петра у Риму и катедрала Светог Павла у Лондону (1675–1710), коју је пројектовао Кристофер Рен, а у

којој се звук може чути на удаљености од 35 m. Феномен шапутавих галерија настаје као последица геометрије простора (видети поглавље 3.3), те је у просторијама које имају конкавне зидове могуће чути шта неко говори тихим гласом на другом крају просторије. Шапутаве галерије заправо су акустички модели са више рефлексивности, при чему је интензитет звука обрнуто пропорционалан растојању, а не квадрату растојања као за директан звук. Другим речима, звук који прелази дужину галерије остаје јачи од звука који је директно пренесен кроз поткуполни простор. Намеће се питање да ли су шапутаве галерије спонтано настајале или су стваране са конкретним циљем. Акустичар Лео Беранек сматра да су грађене без неког одређеног акустичког пројекта. Ипак, остаје неразјашњена намена полираних и уљем премазаних камених блокова постављених на 40 m од земље у основи куполе Цркве Св. Павла у Лондону. Многобројни примери феномена шапутавих галерија указују на разноликост њихове употребе – *Loggia dei Mercanti* у Милану, *Passagio lei Enzo* у Болоњи, *Salla dei Giganti*, дворана каријатида у Лувру, при чему се често везују за период завера и интрига у ренесанси, када је поменути акустички ефекат био веома користан. Такође је познато да се у цркви у Лиону користио феномен шапутавих галерија како би исповедили лепрозни са знатне удаљености, а ипак у тајности (Crunelle 2009).

Нове увиде у обликовање акустичког поља омогућила је унутрашња архитектура малих капела, такозваних ораторија, који су почели да се граде као додаци великим црквама око 1600. године. Подизани да задовоље потреба уважених аристократа да неометано, у интимној атмосфери присуствују богослужењу, ораторији су грађени умерених величина, али зато веома богато украшени (Слика 40). Правоугаони облик ових невеликих просторија имао је краће време реверберације од црквених простора, а разноврсност зидне орнаментике производила је дифузију звука на свим звучним фреквенцијама. Дифузност је својство звучног поља да у сваку тачку простора звучна енергија доспева што је могуће равномерније из свих праваца. Временом је постало јасно да су акустичке карактеристике просторија значајно унапређене повећањем дифузије звука, односно првих рефлексивности. Тако су захваљујући

дифузији звука о задњи зид ораторија, високи плафон и тешке мекане тканине које су биле качене на доњи део подужних зидова, у потпуности елиминисале закаснеле рефлексије (Shankland 1972).

Одлична акустичка својства ораторија омогућила су развој брзе и комплексне вокалне и инструменталне музике до нивоа недостижног у акустичким условима великих цркава. Сходно томе, оргуља, дрвени дувачки и жичани инструменти постепено су улазили у употребу у ораторијима. Виолина, дотада улични музички инструмент, постала је друштвено прихватљива, а флаута и харфа повратиле су популарност које су имале у време старих Грка. Ови новостечени услови водили су ка развоју нових облика музичких композиција. Тако је *ораторио*, као прихваћена музичка форма, добио име према просторији у Риму где је Свети Филип Нери компоновао и дириговао музичким групама. Интересантно је да је у Енглеској, Г. Ф. Хендл компоновао у цркви, а изводио у *Holywell Music Room* у Оксфорду, при чему су обе просторије имале акустичка својства слична ораторију (Shankland 1972).



Слика 40: Ораториј Сан Лоренцо у Палерму. Уска правоугаона просторија, са високим плафонима и скулптуралном зидном орнаментиком била је претеча италијанских концертних дворана (Shankland 1972); Извор: (<http://www.ilgeniodipalermo.com/images/gallerie-monumenti/oratorio-san-lorenzo/sanlorenzo06.jpg>)

Контра реформација је кроз развој архитектонских детаља и барокних орнамената такође допринела расипању и апсорпцији звука што је створило знатно боље карактеристике акустичког поља него што је то био случај у романичким и готичким црквама (Shankland 1972). Богати рељефни украси барокних цркава доприносили су дифузији звука на средњим и високим фреквенцијама, а бочне капеле на ниским фреквенцијама. То је утицало на скраћење времена реверберације у односу на ренесансни период (Navarro et al. 2009).

Акустичка својства балских сала у палатама северне Италије, а нарочито Венеције, наликовала су ораторијима, што је још више допринело раскиду са црквеном музиком. Овај прекид дугује много промени акустике. Архитектонско дело настало у овој транзицији је и Паладијево Олимпијско позориште у Вићенци, подигнуто 1580. године (Beckers & Borgia 2007). Новостечене слободе у ренесанси утицале су на континуирани развој аудиторијума током наредних векова. Тако се поново враћа изградња објеката спектакла, и то са проширеним програмом – позоришта, аудиторијуми, опере, итд.

4.3.3 Традиција акустичких судова

О акустичким судовима у античком периоду било је речи у поглављу 4.2.2. Током наредних градитељских епоха ова традиција била је распрострањена широм Европе, чему у прилог говоре бројни налази у средњовековној сакралној архитектури. С тим у вези постављају се четири основне групе питања:

- (1) Где је настала ова традиција, како је преношена и на који начин је усвајана у градитељском процесу различитих делова Европе?
- (2) Која је била основна намера градитеља? Чему су тежили и шта су веровали да постижу уграђујући акустичке судове?
- (3) Које су физичке одлике акустичких судова нађених у сакралној архитектури? Да ли постоји образац по коме су позиционирани и како су постављани?

(4) Која је објективна акустичка делотворност акустичких судова у сакралним просторима?



Слика 41: Свака од 29 рупа у своду Цркве Pompiers en Forez у Оверњу, одговара отворима уграђених судова. Један суд је извађен, реконструисан и приказан у доњем левом углу слике.
Извор: (Valière et al. 2013)

Свеобухватна студија традиције акустичких судова средњовековне сакралне архитектуре није до сада објављена. Сматра се да је традиција преношена од антике преко византијских градитеља до средњег века (Vachez 1885; Valière et al. 2013), или да ју је, пак, оживео повратак античким изворима (Godman 2006; Čanak-Medić 2006). Насупрот Витрувијевим препорукама да се метални судови постављају у нише тако да не додирују њене зидове како би могли слободно да трепере, у средњем веку су у масивне зидове цркава постављани керамички судови који су били зазидани. Дакле, са једне стране постоје Витрувијеве препоруке за уградњу судова – металних или керамичких – у акустичке сврхе, а са друге стране познато је да су римски градитељи уграђивали керамичке судове у лукове својих објеката како би смањили њихову тежину. Стога се са правом поставља питање која је заправо била основна намера монаха и градитеља средњовековних цркава. У летопису манастира *Célestins de Metz* из 1432. године пише:

„ ... брат Од ле Рој ... је поручио судове да буду постављени у зидове хора цркве у Сеансу, јер их је видео у неким другим црквама и помислио да певање може боље да звучи и да би црква пуније одзвањала.“ (Arns & Crawford 1995)

Такође постоје записи из 1432. године који указују на општу скептичност по питању делотворности акустичких судова током средњег века:

„Направио је и наредио да се судови поставе у хор цркве, мисливши да ће тада певање звучати боље и гласније...Не знам да ли се пева боље него када се не би уградиле ове посуде.” (Baumann 1990)

У записнику са већа *Saint Denis de Vergy* из 1616. године, забележено је:

„Плаћено је 24 сола грнчарији Белон за три туцета малих посуда које треба да буду уграђене у зидове хора како би се глас боље орио.” (Valière et al. 2013)

Приликом реконструкције доминиканског манастира у Стразбуру, архитекта Саломон је 1743. године пронашао акустичке судове који датирају из XIV века. Поводом ових налаза писао је:

„Приликом рушења зида великог хора у храму Neuf (почето 1307, завршено 1345. године), пронашао сам земљане судове око преломљених лукова прозора и зазиданих у камену, са отвором према унутрашњем простору. Поједине сам успео да извадим неоштећене (...) Уверење у учинковитост ових судова за акустичка својства давно је напуштено, јер су сви отвори запечаћени и у потпуности премалтерисани. Око сваког преломљеног лука било је девет судова, један на врху и по четири са сваке стране. (...) Ови судови су очигледно коришћени да подигну тон гласа приликом религијског певања у хору.” (Valière et al. 2013)

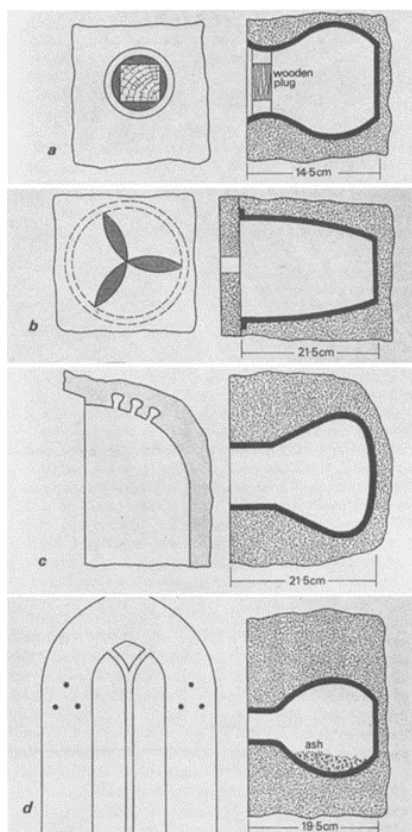
Наведени цитати указују на то да је намера градитеља била да обезбеди жељена акустичка својства у унутрашњем простору цркве. Међутим, не постоје писани трагови о томе на који тачно начин су градитељи сматрали да акустички судови модификују акустику простора. До друге половине XX века истраживачи акустичких судова били су углавном археолози и конзерватори (Vachez 1885; Јовановић 1909; Петковић 1909; Дероко 1930), који су

прикупљали податке о физичким одликама, броју, позицији и начину уградње судова у масивне зидове сакралне архитектуре којима су придавали акустичка својства. Тек крајем XX века истраживање акустичких судова привукло је пажњу акустичара са циљем да испитају акустичке параметре. Значајан допринос дала су обимна истраживања акустичких судова из средњовековних цркава у Европи (Arns & Crawford 1995; Desarnaulds 2002; Palazzo-Bertholon & Valière 2012). С обзиром да ниједно од ових широкообухватних истраживања није укључило налазе из Србије, у оквиру студије случаја (поглављу 5.0) биће више речи о акустичким судовима уграђеним у сакралну архитектуру средњовековне Србије.

Акустички судови су део градитељске културе средњег века. Њихова сврсисходност била је често предмет расправа кроз историју, одбацивана подједнако као и Витрувијеве препоруке. Досадашња истраживања потврдила су да је тешко утврдити значајне акустичке ефекте код уграђених судова (Desarnaulds et al. 2001; Zakinthinos & Skarlatos 2007). Ипак, одређено разумевање ове традиције постигнуто је истраживањем међуодноса типова, броја и позиције судова, са једне, и архитектонског стила, запремине и просечне висине унутрашњег простора, са друге стране. У литератури се могу наћи два основна приступа: (1) лабораторијска анализа акустичких судова (Carvalho et al. 2002; Mijić & Šumarac-Pavlović 2004) и (2) *in situ* акустичка мерења на локалитетима на којима се акустички судови налазе на својим првобитним позицијама (Arns & Crawford 1995; Desarnaulds et al. 2001; Carvalho et al. 2002; Zakinthinos & Skarlatos 2007; Valière et al. 2013; Valière & Palazzo-Bertholon 2014).

Истраживањем 58 средњовековних цркава западне Европе (најстарија је из X, а најмлађа из XVII века) установљено је да је просечан број акустичких судова по цркви 22 (максимум 113, минимум 3), при чему их је већина уграђена у горњим деловима вертикалних зидова, обично у хору или у централном броду. У шест цркава у Енглеској посуде су нађене испод дрвеног и каменог пода хора. У већини случајева поменути судови уграђени су у

равномерним размацама. Ретко су прављени керамички судови специјално за ову намену, већ су углавном коришћени судови за воду, који су били у свакодневној употреби, углавном високи 15 до 40 cm, са најширим ободом 15 до 20 cm и са пречником отвора 10 до 15 cm. Утврђено је да је њихов фреквенцијски распон од 160 Hz до 280 Hz, што је мање од једне октаве. Другим речима, ниједна од истражених цркава није имала керамичке посуде који су одговарали опсегу од две октаве одређених фреквенција како је препоручио Витрувије за позоришта. У две цркве нађене су посуде са пробушеним дном (Arns & Crawford 1995). Таквих примера има и код српских средњовековних цркава.



Слика 42: Примери акустичких посуда нађених у шведским и данским црквама: (a) дрвена гредица уграђена у грлић суда (b) суд прекривен обрађеним каменом (c) судови уграђени у свод (d) судови са пепелом у оквиру прозора. Извор: (Baumann 1990)

Попис којим су обједињени налази акустичких судова објављен је у оквиру студије француског археоакустичког тима, који предводе акустичар Жан Кристоф Валијер (Jean-Christophe Valiere) и археолошкиња Бенедикт Палацо-Беротолон (Benedicte Palazzo-Bertholon). На попису се засад налази

320 цркава у Европи, од којих је 200 у Француској. Показано је да не постоји уједначен образац постављања акустичких судова у средњовековној сакралној архитектури (Palazzo-Bertholon & Valière 2012), те се број судова разликује од цркве до цркве. У оквиру статистичке студије 23 цркве подигнуте од XI до XVI века у Француској, спроведено је *in situ* мерење укупно 197 акустичких судова. Установљено је да су њихове резонантне фреквенције у опсегу од 100 до 500 Hz, те да доприносе скраћивању времена реверберације на оним фреквенцијама које су најјаче побуђене говорним гласом. Стога је закључено да су средњовековни градитељи имали широко емпиријско знање акустичких закона, те су разумевали да је ефекат акустичких судова кумулативан (Valière et al. 2013).

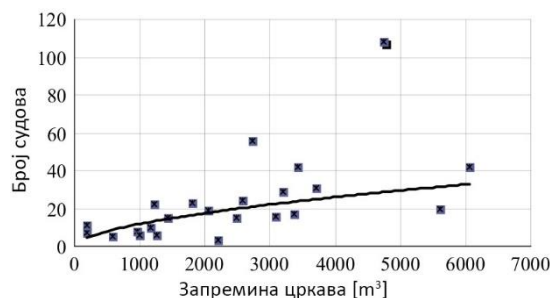


График 4: Однос запремине 23 цркве у Француској и броја у њима пронађених акустичких судова.
Извор: (Valière et al. 2013)

Другим речима, број судова повећавао се са запремином и висином централног брода (График 4), а средња фреквенција се смањивала са повећањем запремине остајући при томе у фреквенцијском опсегу у коме је време реверберације генерално најдуже (График 5). Често су коришћена два типа судова, те је показано да њихове резонантне фреквенције стоје у односу музичких интервала кварте или квинте. Ово свакако наговештава везу са музичком теоријом и штимовањем судова о коме је писао Витрувије. Сходно томе, постављена је теза да су акустички судови штимовани на фреквенцијски опсег са најдужим временом реверберације, јер је установљено настојање да се прилагоде димензије судова како би апсорбовале ниске фреквенције за које су дрвени намештај и тканине мање ефикасне (Valière et al. 2013).

Примера ради, мерења у готичкој катедрали у Нојону показала су да су у подрумску просторију уграђени судови у две различите величине, и то 32 суда имају резонантну фреквенцију 108 Hz, а 32 суда имају резонантну фреквенцију 141 Hz. Ове фреквенције стоје у односу који одговара интервалу кварте ($4:3=1,33$). Примењена *музичка размера* одговара традицији пронађеној широм Француске од XII до XVI века, што указује на пажљиво бирање посуда. Међутим, ни у овом случају није утврђено по ком правилу су уграђени судови у зависности од њихове фреквенције (Valière & Palazzo-Bertholon 2014).

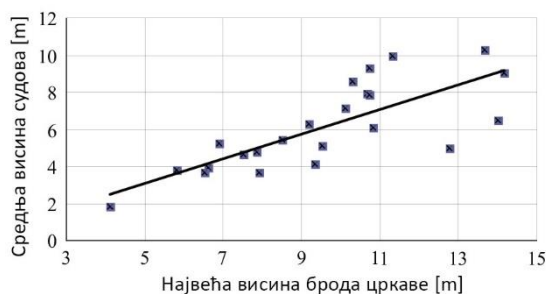


График 5: Однос максималне висине брода у 23 цркве у Француској и средње висине уграђених акустичких судова. Извор: (Valière et al. 2013)

Сва поменута истраживања показала су да су у средњем веку акустички судови уграђивани најчешће у конкавне површине – пандантифе, сводове, тамбуре купола, и слично. То указује на потребу да се избегне фокусирање и обезбеди потребно расипање звука. Ово такође назначавача извесни ниво разумевања звука у затвореним просторима током периода средњег века (Zakinthinos & Skarlatos 2007). Поред настојања да се утврди учинак уграђених судова у кориговању акустичких својстава унутрашњих простора цркава, такође постоје и тезе о њиховој симболичкој примени. Ово становиште засновано је на античкој филозофији и уверењу да музички тонови уздижу људску душу (Arns & Crawford 1995). У том смислу, акустичка функција судова може се сматрати секундарном намером градитеља, док је примарна замисао да се њиховом уградњом искаже принцип музике сфера, при чему је улога сваког акустичког суда да представи по једну планету у космосу и испољи њој својствени шум (Pouille 2000).

5.0 СТУДИЈА СЛУЧАЈА:

ЗВУК У АРХИТЕКТУРИ МОРАВСКЕ ШКОЛЕ

Суштина јединствене средњовековне духовности лежала је у потрази за доживљајем. Уметност је служила као „метод преласка у другу егзистенцију, метаегзистенцију у оквиру нашег физичког бића“ (Богдановић према Перковић-Радак 2007а, 39). Ликовни елементи српске средњовековне сакралне архитектуре указују на важност звука у овим објектима, али и на његово разумевање кроз античка природнофилозофска тумачења. У прилог томе говори приказ музицирања андросфинге на жичаном инструменту у горњој зони бифоре на северној апсиди Цркве манастира Каленић. Ова представа у плитком рељефу указује на преношење античких учења и „симболике засноване на визуелизацији старогрчких митолошких представа које се доводе у везу са системом музичке аналогије“ (Милосављевић 2015, 34). У старогрчкој митологији Сфинга је постављала загонетке и разарала оне који немају тачан одговор. Сматрало се да је сама Сфинга одговоре на загонетке научила од Муза, које су надахњивале уметнике да стварају по принципима хармоније, заснованим на математичким односима музичких интервала (Милосављевић 2015, 34).



Слика 43: Представа андросфинге на горњем делу бифоре северне апсиде Цркве Ваведења Пресвете Богородице манастира Каленића (1413–1420). Извор: (Милосављевић 2015, 34)



Испитивање примене музичке аналогije у пропорционисању цркава и уопште баштињења неоплатонистичких учења на тлу средњовековне Србије, своје упориште налази, између осталог, и у живопису Цркве Богородице Љевишке у Призрену (1306-1307), задужбини краља Милутина. Црква је осликана између 1309. и 1313. године⁷³, у комбинацији традиционалних решења и новог стила тзв. Ренесансе Палеолога који је оживео античке идеје и облике, увевши тако дух антике у осликавање хришћанских тема (Глигоријевић-Максимовић 2007). Живопис у спољној припрати приказује Платона, Плутарха и Сибилу (пророчицу и свештеницу Аполоновог храма⁷⁴). Лик Платона левом руком држи свитак, који са доње стране придржава Плутарх, а десном руком показује ка пространој композицији лозе Јесејеве⁷⁵ у своду северног травеја. Приказани су као они који су ишчекивали и предсказивали долазак месије. На свитку је исписано: „У неко време: слово пожелеле сићи на земљу да буде тело“ (Милосављевић 2015, 24).

У оквиру студије случаја представљени су резултати истраживања звука као нематеријалног слоја архитектонске баштине Моравске Србије. Како би се разумела начела архитектонско-

Слика 44: Живопис са приказом Платона, Плутарха и Сибиле у Цркви Богородице Љевишке у Призрену (1306–1307). Извор: (Панић & Бабић 1988)

⁷³ У егзонартексу (спољној припрати) сачувано је име живописца Астрапе и његових помоћника, као и протомајстора Николе (Глигоријевић-Максимовић 2007).

⁷⁴ Аполон је био бог светлости, музике, медицине, поезије и прорицања.

⁷⁵ Лоза Јесејева представља генеолошко стабло Богородице и Исуса Христа. Она приказује старозаветне личности које најављују Христово рођење (Глигоријевић-Максимовић 2007).

акустичког пројектовања цркава моравске стилске групе, студија случаја подељена је у пет целина. У првој целини представљен је историјски оквир истраживања. Друга целина је троделна. У првом делу обрађена је архитектура манастирских цркава Моравске Србије. Најпре су сагледани доминантни чиниоци у одабиру *доброг места* за подизање манастира, јер се на тај начин појашњава оновремено разумевање звучног окружења различитих природних конфигурација терена. Представљен је развој основе цркава моравске школе, обликовне и конструктивне тежње неимара. У другом делу представљени су литургијско-акустички захтеви у црквеним просторима приликом православног богослужења. Трећи део посвећен је традицији акустичких судова, налазима у средњовековним црквама Србије и досадашњим археоакустичким истраживањима ових судова код нас.

Трећа целина студије случаја представља аналошко језгро које чини узорак за истраживање односа звука и архитектуре моравске стилске групе. Аналошко језгро студије обухвата следећих шест цркава хронолошким редом:

- (1) Црква Светог Вазнесења Христовог, манастир Раваница;
- (2) Црква Лазарица у Крушевцу;
- (3) Црква Рођења Пресвете Богородице, манастир Наупара;
- (4) Црква Успења Превете Богородице, манастир Љубостиња;
- (5) Црква Свете Тројице, манастир Ресава;
- (6) Црква Светог Николе Мираклијског, манастир Павловац.

За сваку од цркава дати су подаци о ктитору и времену градње, опис локације и архитектуре, као и досадашње важније рестраурације. Такође је, за сваку од цркава, приложен технички цртеж основе, подужног и попречног пресека, а на основу прибављене документације у Републичком заводу за заштиту споменика културе Београд и *in situ* премеравања основних димензија унутрашњег простора. На свим цртежима вођено је рачуна о тачности димензија унутрашњег простора цркве, док су профили пластичне декорације на фасадама поједностављени, јер немају утицај на одлике акустичког поља унутрашњег простора цркве. За сваку од цркава

представљена је анализа пропорција, односно могућег размеравања основе и пресека грађевине приликом подизања. Приказане су и фотографије цркве у окружењу, као и више фотографија унутрашњег простора које су снимљене приликом архитектонско-акустичких мерења на терену. Четврта целина студије представља акустичка мерења *in situ* у претходно представљеним црквама. Након описа методологије, представљени су резултати мерења. За сваки објекат дати су технички цртежи на којима су означене мерне позиције. Табеларно су приказани резултати мерења тј. вредности акустичких показатеља. На графиконима су приказани збирни резултати за све анализирани цркве, који су затим дискутовани. У последњем, петом делу студије изнети су закључци, новоотворена питања и препоруке за даља истраживања.

5.1 Историјски оквир

Са Стефаном Немањом (1113–1199) српска држава средњег века почела је свој велики успон (Ђоровић 2005а, 5). Његови наследници владали су средњовековном Србијом, а хришћанство је одиграло пресудну улогу у формирању новог владарског обрасца, који је почивао на темељу сједињене световне и духовне власти (Пајић 2009). Током владавине Стефана Првовенчаног, сина Стефана Немање, Србија је добила две значајне тековине у свом државном развоју: постала је краљевина и основала је самосталну Српску цркву. Растко Немањић, најмлађи син Стефана Немање, као монах Сава дао је новооснованој Српској цркви чист национални карактер и начинио православље државном вером немањићке Србије (Ђоровић 2005а, 32).⁷⁶ Сходно томе, сакрално градитељство имало је највиши значај у средњовековној Србији, а архитектура цркве, као најважнији елемент манастирске структуре, била је дубоко промишљена и прожета хришћанским симболизмом (Поповић 1993). Сваки од владара настојао је да за живота

⁷⁶ Свети Сава је први радио на унутрашњој организацији српског монаштва. Популаризовао је Свету Гору и написао три манастирска типика, у којима је утврдио православље и изједначио српско монаштво са византијским (Марковић 2002, 72).

подигне барем једну монументалну задужбину, као израз моћи, величине и духовне посвећености, а властелинско ктиторство јавило се тек са јачањем властеле у XIV веку (Дероко 1962, 9). За зидање и живописање цркава били су довођени најбољи мајстори, те оне представљају врхунски домет оновремене архитектуре и уметности. У складу са тим, црквена архитектура средњовековне Србије у домаћој литератури сматра се темељном тачком српске модерности, на којој се заснива њен национални идентитет (Valtrović & Milutinović 2006).

Моравска Србија је последњи период Српске средњовековне државе – од битке на Марици 1371. године и смрти цара Уроша Немањића недуго затим, до пада Смедерева под турску власт 1459. године када је и Српска средњовековна држава престала да постоји (Ђоровић 2005b, 114). Друга половина XIV века била је обележена процесом дезинтеграције Српског царства. Од смрти цара Уроша 1371. године, овај простор Моравске Србије обележиле су унутрашње тензије, борбе за владарске традиције, промене односа снага у региону и династички сукоби. У време владавине цара Уроша, Лазар Хребељановић постао је ставилац, захваљујући дугогодишњој служби свог оца⁷⁷ и младости проведеној на двору цара Душана. Између 1363. и 1365. године добио је титулу кнеза. Непосредну везу са династијом Немањића кнез Лазар остварио је браком са Милицом Немањић, која води порекло од најстаријег сина Стефана Немање, Вукана Немањића. Након Маричке битке 1371. године и смрти цара Уроша, Српска црква подржала је кнеза Лазара као легитимног наследника немањићког престола. Одмах након Маричке битке, кнез Лазар добио је на управу најважније рударске центре – области око Новог Брда, Топлицу и Рудник. Престоницу је одмах преместио у Крушевац, где је утврдио град и подигао дворску Цркву Лазарицу. Након погибије кнеза Лазара у Косовском боју 1389. године, престо је преузела кнегиња Милица до пунолетства њиховог сина Стефан Лазаревића 1393. године. Након Ангорске битке 1402. године, у којој се борио на страни Турака, Стефан Лазаревић је у

⁷⁷ Отац кнеза Лазара Хребељановића био је Прибац Хребељановић, логотет на двору цара Душана.

Цариграду примио од цара Јована VIII Палеолога титулу деспота, највише достојанство после царског. То је била потврда угледа и самосталности Србије, која је на тај начин укључена у оновремена схватања о хијерархији држава, на чијем челу се налазио византијски цар (Тодић 1995, 15). Са смрћу деспота Стефана Лазаревића, 1427. године, прекинут је узлет српске средњовековне уметности. Исте године Турци су разорили Крушевац, наступиле су тешке политичке прилике у Србији и Београд је враћен Угарима. Деспот Ђурађ Бранковић усмерио се на изградњу утврђеног града Смедерева, и даље настојећи да обнавља и дарује старе задужбине Немањића (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 165). Моравска Србија, као држава српских деспота, била је *„последњи значајан и дефинисан геополитички модел у историји српске средњовековне државности“* (Šuica 2007).

5.2 Градитељско-акустичка традиција у сакралној архитектури средњовековне Србије

Атоски модел манастира, чији је прототип Лавра Светог Атанасија, проширио се на подручје Балкана током XI и XII века ⁷⁸, те је српски тип манастира директан потомак атоске традиције која је трансформисана под утицајем локалног поднебља (Мојсиловић 1981). Са добијањем аутокефалности 1219. године, српска средњовековна држава формирала је црквену организацију по угледу на византијску. Током средњег века манастири су у Србији оснивани као владарске задужбине, патријаршијски или архиепископски манастири, епископски центри при манастирима и епархијски манастири (Мојсиловић 1981). Поред религиозно-политичке мотивације, Василије Марковић истиче да је карактеристично осећање човека средњег века било страх од Страшног Суда и брига за спасење душе, те да су манастири подизани како би се *„у манастирској цркви чинио помен оснивачу и његовој породици за живота, а по смрти да се моли за опроштај грехова и*

⁷⁸ Јужни део Балкана је припадао Византији, северни је био у оквиру Српске средњовековне државе, а источне области су припадале Бугарској (Мојсиловић 1981).

„рајско наслажденије“, „да се у њему поје литурђија овог св'јета као и онога“ (Марковић 2002, 51). Тако, кнез Лазар у раваничкој повељи пише да је царство вечно обећано онима који се старају о црквама (Марковић 2002, 51). Као носиоци духовног, културног и материјалног напретка, манастирски комплекси средњовековне Србије представљали су домет оновременог градитељства, уско повезаног са променама у друштву, економији и култури. Захваљујући Габријелу Мијеу, француском византологу, у научној литератури усвојени су називи за, како их је назвао, градитељске школе средњовековне Србије (Вуловић 1966, 11). У складу са тим, сакрално градитељство средњовековне Србије може се сагледати кроз следећа четири периода: (1) преднемањићки период (до XII века), (2) рашка стилска група (XII – крај XIII века), (3) српско-византијска стилска група (XIV век) и (4) моравска стилска група (крај XIII – средина XIV века). Поред промена у стилским појединостима архитектонских споменика различитих група, манастири су доминантно подизани у одређеним областима у складу са померањем граница средњовековне Србије (Дероко 1962).

Манастирски комплекси развијали су се као самосталне просторне јединице. У оквиру ограђене површине, просторно решење манастира може се садржајно и функционално поделити на три главне зоне: култна, стамбена и економска зона. Култна зона обухватала је западну сферу ограђене површине и храм. Три основна градитељска елемента у просторном плану средњовековног манастира у Србији јесу храм, трпезарија и ограда. Манастирској цркви, као централном језгру, била је функционално подређена целокупна манастирска просторна структура, која је обухватала површину од 2000 до 10000 m². Манастирска црква представљала је центар система и својим архитектонским елементима изражавала је теолошко значење концепта хришћанског света. Ритуалне радње одвијале су се у оквиру јасно ограниченог простора. Ограђивањем се специјални простор издвајао од профаног. С обзиром да је она сама по себи захтевала извесну изолацију, уз спољашњу границу тј. ограду прислањане су остале зграде које су подржавале свакодневни манастирски живот (Мојсиловић 1981). Неизграђени простори

манастирског комплекса обухватали су повртњаке, вртове лековитог биља, места за одмор и контемплацију, разне вртно-архитектонске елементе, а изван зидина простирале су се манастирске шуме, воћњаци и ливаде, који су заједно са манастирским језгром чинили функционалну просторну целину (Skočajić 2004).

Усвојени просторни концепт није се значајно мењао од XII века за све време постојања српске средњовековне државе. Просторни садржај манастирске структуре био је дефинисан концептом манастирског живота. До краја XIV века у свим српским манастирима био је прихваћен киновијски (општежитељски) начин живота⁷⁹. Међутим, у X веку појавили су се манастири који су комбиновали ова два стила, што се нарочито одражавало утемељењем монаштва на полуострву Атос, трећем прсту полуострва Халкидики у Грчкој, где је била и највећа концентрација монаха. Тада се јавио и посебан облик верских грађевина светогорских анахорета (пустињака) – раштркане колибе и пећине. Временом су створене колоније анахорета тзв. лавре, но тек оснивањем Лавре Светог Атанасија, 963. године, монашки живот на Светој Гори добио је устаљену форму. У Србији се монаштво пустињачког типа јавило тек у покосовском периоду, у време владавине деспота Стефана Лазаревића, када се нарочито развило на десној страни реке Мораве (Skočajić 2004).

„... свака сакрална уметност увек [је] уметност функције. Она је, наиме, најпре израз вере, као начина живота заједнице која је ствара. Сакрални простор цркве, својим целокупним градитељским склопом и скулпторалном и сликаном декорацијом, најпре и изнад свега јесте идеална слика амбијента и атмосфере будућег Царства Божијег, чија једина истинска икона већ сада и овде у историји јесте Св. Литургија, за коју је створен. Ова његова функција остаје тако

⁷⁹ За разлику од западног монаштва, Православна црква није уводила монашке редове, већ је сматрала да сви треба да поштују начела која је поставио Свети Василије. Постојала су само два облика заједнице: општежитељски – где су становање, рад, исхрана и молитве заједничке, и идиоритмички – где су само пребивалиште и молитва заједнички, док су храна и рад индивидуална ствар сваког монаха.

хијерархијски примарно одређујућа за разумевање свих његових како формалних тако и суштинских значења.“ (Crnčević 2008)

Свети Сава у Хиландарском типичу организацију манастирског комплекса доводи у везу са звуком и богослужбеним појањем: *„Јер као што смо ми сложени из двојаког, то јест из душе и тела, тако је и са манастиром. Као душа његова могла би се разумети сва боголепна служба у певању, а као тело сам манастир и оно што је потребно нашим телима (Свети Сава 2009, 19).“*

5.2.1 Архитектура манастирских цркава

❖ Одабир доброг места

Приликом доношења одлуке о месту за подизање манастира у средњовековној Србији биле су доминантне три групе утицаја. Са једне стране, чиниоци од општег државног, политичког и верског значаја одређивали су регионално планирање, односно будући положај верског објекта у односу на целокупну државну територију или феуд. Са друге стране, од великог значаја били су чиниоци ужег лоцирања који су се односили на природне ресурсе места на коме ће бити подигнут нови манастирски комплекс (Ненадовић 2003, 17). Међутим, пресудну одлуку о месту за подизање манастира доносио је сам владар као ктитор.

Држава и Црква као верска организација, имале су шире државне и политичке потребе за зидањем многих црквених грађевина. Кроз монументално грађење било је афирмисано јединство државног и црквеног поретка, при чему су и црква и држава учвршћивале свој положај. Сходно томе, сакрални објекти су подизани и на другим хришћанским територијама (Солун, Света Гора, Цариград, Јерусалим). Манастирски комплекси нису били само верска места, већ су се у њима обављале и многе делатности за потребе државе, одржавали су се значајни државни сабори и договори. Такође, под окриљем манастира биле су се развијале просвета и књижевност, а у одређеним случајевима у непосредној близини су биле изграђене болнице за

прихватање тешких и неизлечивих болесника. Значај манастира, а самим тим и његове локације, било је кључно за развој друштва.

Монашко организовање манастирских комплекса, као врсте феуда, било је засновано на економској производњи и размени добара, тако да су самим тим прихватили и трговце, путнике и намернике. Манастири, који су често били удаљени један од другог на свега дан хода, чинили су комуникациона чворишта. С обзиром да су главне саобраћајнице у средњем веку биле везане за реке, велики број манастирских комплекса био је подигнут уз или у непосредној близини реке. Такође, магистрални путеви дуж којих су биле оствариване живе трговачке везе Србије са Дубровником, Византијом и Угарском, налазили су се у близини манастира, као што су Жича, Студеница, Ђурђеви ступови уз ибарску долину, итд.

Прецизно лоцирање манастирског комплекса зависило је од (1) претходног постојања старијег култног места, (2) градитељских захтева и (3) природних својстава локације.

Упркос прихватању хришћанства, на подручју средњовековне Србије одржао се континуитет светог места. Код Срба, као и код других европских етничких група, веровања и обичаји су задржали већи део паганског наслеђа које се мање или више прилагођавало хришћанству. Бујност и разноликост четинарских шума карпатских планина, учиниле су да им човек припише особину да „шума све зна“. Тада се покојник сахрањивао испод омиљеног дрвета или се на гробовима садило дрвеће, пошто се по веровању душа селила у тајанствени и дуговечни биљни свет. Веровања и обичаји, засновани на истицању моћи биљака, временом су добијали развијеније облике. Према старинским представама нашег народа биљке су третиране као седиште добрих (брест, јасен, бреза) или злих демона (орак, зова). Увек зелено дрвеће помогло је стварање представе о вечности, а биље које у јесен одбацује лишће, а у пролеће поново процвета – рађање вере у бесмртност душе. Из оваквих веровања, поникли су код свих многобожачких народа свети лугови и храмови у њима. Према Чајкановићу, култ дрвета и биљака једини је од старих култова

са којима се црква, нарочито Православна, брзо и безусловно помирила, тако да данас он у њој има своје место и симболику (Чајкановић 1973). По пријему хришћанства, манастири су веома често грађени на местима старих паганских светилишта у такозваним светим гајевима. У прилог томе сведоче имена појединих манастира, као што су Грабовац, Ораховица, Крушедол. Јак утицај култа биља јасно доказује и постојање великог броја топонима на тлу данашње Србије. Посебно се истичу дендротопоними као израз јаког утицаја култа дрвета који се у Србији јасно провлачи и остаје развијен и данас, посебно у области народног веровања и обичаја (Скоћајић 2004, 172). На старијем култном месту и остацима некадашњих грађевинских целина, подигнути су Ђурђеви ступови, Студеница, Хиландар, Пећка патријаршија, Грачанца.

„... каже Абелар – има у биљкама, семењу, у природи дрвећа и камења, доста сила способних да узбуне и стишају ваше душе.” (Dibi 2007, 156-7)

Градитељски захтеви подразумевали су да се недалеко од места градње налази добар материјал за грађење, као и добар кречњак за печење креча и доста дрвене грађе за скеле, оплате, таванице, итд. Потреба за великим количинама песка чинила је неопходним и близину реке, за коју су се везивале главне саобраћајнице у средњем веку. У погледу самог подизања објекта, тражило се сигурно и добро место за његово постављање. Дакле, избегавали су се мочварни и клизави терени, већ се тражила добра носивост тла, те су често коришћена стеновита земљишта (Ненадовић 2003, 18).

Упркос томе, било је и врло неповољних места за подизање цркава које такође треба узети у обзир. Неадекватност локација на првом месту је одређивао недостатак егзистенцијалне одрживости. На пример, манастир Градац је сазидан на месту које је испуњавало највише критеријуме, док се само један неповољан елемент одразио штетно на објекат током његове историје. Заправо, Градац је био изложен бујицама, које су постале изузетно снажне након сече шума, нарочито у турском периоду. Ваљајући велике блокове камења, бујице су затрпале јужни зид манастира, који се потом

урушио заједно са конацима и трпезаријом, те је бујица угрозила и саму цркву, затрпавши јужни зид за око један метар. Сличан пример је и велики манастир Св. Арханђела код Призрена, где је услед снажних бујица једна страна манастира била затрпана наносима дебљине и до дванаест метара. Ове опасности биле су уочене већ при грађењу, те су предузете заштитне мере: изградња подзида који се спуштао у корито реке Бистрице и грађење читавог система канала (Ненадовић 2003, 21).

Природна својства локације за подизање манастира подразумевала су здраве и пошумљене пределе. Манастири су најчешће подизани у долини реке, која се као основни геоморфолошки феномен у природи јавља у шест облика: речна долина, долинска зараван, котлина у подножју планина, клисура, планинска долина и узвишење. Речна долина има благо нагнуте стране, те су здања подизана у самој долини или на заравнима изнад нивоа реке, где је ваздух струјао кроз саму долину, пратећи правац речног корита. То је најзаступљенија категорија рељефа у којој су подизани манастири владара лозе Немањића, међу којима су Милешева, Раваница, Манасија, Пећка патријаршија, итд. Долинску зараван карактерише широка отвореност терена, која пружа добре микроклиматске услове, односно добру осунчаност и проветравање, без појава магли. Манастирски комплекси подигнути на долинским заравнима су Студеница, Сопоћани, Градац и др. Котлина у подножју планина као облик рељефа омогућава да манастирски комплекс заузима положај над отвореном котлином, тако да је једном својом страном обично усечен у планинску страну. Оваква места сматрана су здравим, због струјања свежег ваздуха који је обезбеђивао умерену температуру. Управо таква, веома широко отворена страна ка котлини, специфична је за Жичу, Грачаницу, Добре Воде. Клисура представља речне долине које су дубоко усечене у стеновиту масу, са јако усеченим стрмим речним странама, готово вертикалним, те се сходно томе јавља посве другачији однос манастира и околине. Заправо, терен диктира већу затвореност, изолацију и мању могућност струјања ветра, те се влага знатно повећава, а задржавање магле је дуже. Позитивне карактеристике оваквог облика рељефа за избор локације

сакралног објекта лежи у томе што је директно деловање ветрова значајно мање, као и високе летње температуре. На оваквим локацијама подизане су испоснице, као на пример манастир Светог Петра Коришког, Свети Никола у манастиру Горњак, Пећинска црква код Вратне, итд. Планинска долина формира такво окружење да је манастир одасвуд окружен планинским странама. Наиме, потпуно сакривени у окружењу планинских венаца, у близини мањих водотокова, налазе се манастири Враћевшница, Троноша, Соколица, Гориоч. Узвишења су потпуно атипична места за подизање манастирских комплекса у средњовековној Србији. Но, како изузеци потврђују правила, манастирски комплекс Ђурђеви ступови сазидан је на узвишењу и као такав доминира околином. За њега је такође карактеристично да није подигнут у близини реке, већ има изграђену цистерну за воду (Skočajić 2004, 175).

Текућа вода је првенствено била везана за саму егзистенцију заједнице, те је основни услов формирања манастира био уско повезан са постојањем изворишта или реке у близини. Такође, јак култ воде, њена чудотворна и исцелитељска моћ, дубоко су били усађени у хришћанској традицији. Добра и здрава пијаћа вода увек је у близини манастира. Уз то је нарочито било пожељно да је лековита. Тако и данас налазимо изворишта топле и минералне воде у близини манастира, на пример Матарушка Бања код Жиче, кисела вода код Студенице и Дечана, Бања код Бањске, итд. Заправо, улогу болница коју су имали неки од манастира, преузела су данас бањска лечилишта.

„ ... а одасвуд теку најслађе воде, а ту извиру велики извори и напаја га бистра река, чија вода пре укуса даје велико красовање лицу, а после укуса велико растворење телу...” (Цамблак 1936, 22)

„Али, средивши у Богу лепо све манастирске ствари (...) и ослободивши се свега, нађе изванредно место у месту званом Кареја, са добрим водама и плодноним дрвећем украшено, и ово купивши од прота ћелију за ћутање себи подиже, и цркву светога и преподобнога оца Саве Јерусалимског сазиди.” (Теодосије 2009, 36)

Експозиција терена објашњава изложеност локације сунцу. Јужна и хоризонтална експозиција веома су повољне за пољопривреду, док је северна потпуно неповољна. Критеријум експозиције, као и надморске висине, везан је за вегетацијске појасеве и јасно одрђује појаву карактеристичних биљних заједница. Уопште узевши, манастири су углавном заснивани на отвореним, осунчаним просторима са повољним струјањима локалних ветрова. Иако су смештени на усецима планинских страна, најчешће су се једном страном наслањали на планинску стрмину док су са друге били отворени према речној долини. Теодосије у Житијама Петра Коришког описује како је Свети тражио добро место за свој живот посвећен Богу:

„Преподобни, по одласку сестре своје, попе се на гору која се зове Света, и осмотри око ње тражећи место где би подигао себи колибу. И отуда сишавши нађе долину опкољену великим стенама, а у њима пештере многе. На једну високу стену се попе прихватајући се прстима. И тако као на стуб са муком, узашав, обрете високо на овој стени једну пештеру, као од Бога спремљену, и веома Богу захваливши узвесели се због ње. Према ветру и у очи сунцу насели се да живи у њој. (...) Испод те стене на којој преподобни стајаше, река с високих гора сходећи близу протиче. (...) Угледавши пустињу његову и стену на којој се подвизавао видех дивно од Бога за отшелнике устројено пребивалиште. Јер место је ван света и за сваки подвиг прикладно, на стално умиљење и плач за богољубиве поучно.” (Теодосије 2009, 127-135)

У овом одломку је као здраво место описана пећина која је орјентисана ка југу – „према ветру и у очи сунцу” – што је обезбеђивало добру осунчаност и проветреност простора, односно редовно исушивање. Такође је значајно да је у близини здраве воде – реке „с високих гора”.

Специфичну корелацију између обележја облика рељефа и историјског момента подизања манастира, Скочајић је означио као *отвореност*, и то: (1) отвореност самог манастира у зависности од облика рељефа – третира општи

положај манастира у простору, и (2) отвореност у односу на одређену позицију са које се сагледава околни простор. Анализирајући обележје отворености у односу на непроменљиви положај олтарског простора, Скочајић констатује да скоро сви манастири из времена ране српске државности, без обзира на облик рељефа показују исту особину: отвореност и слободне визуре са источне стране. Како су се временске и друштвено-историјске прилике мењале и овај однос је губио своја првобитна својства, те положај манастирских језгара постаје затворенији, визуре се скраћују и правилност ширења погледа ка истоку се губи. Приметно је да се, како је слабила моћ средњовековне Србије, о овим односима све мање водило рачуна (Skočajić 2004, 178).

Приликом избора локације за градњу манастирског комплекса у средњовековној Србији, поред великог броја чинилаца, од пресудног значаја била је улога ктитора, углавном владара, који су кроз своје задужбине настојали да учврсте веру у народу, приказујући кроз њих своју правоверност и посвећеност Богу. Готово сви манастирски комплекси, независно од периода у коме су настали, зидани су на пажљиво одабраним локацијама: изолованим пунктовима, углавном у речним долинама, изузетно богатим и очуваним шумовитим крајевима. Водећу улогу при избору локације за градњу манастира имале су пејзажне одлике простора, због чега су владари приликом вредновања места за подизање задужбина, давали изразиту предност природној привлачности предела. Ктитори су дуго и пажљиво бирали места својих задужбина. Њихове напоре описали су стари биографи. Доментијан је посведочио како је Стефан Немања, већ као изнемогао старац, ношен у носиљци обишао сву Свету Гору (Domentijan 1970, 65-7). Стефан Дечански је, по речима његовог житијеписца Григорија Цамблака⁸⁰, обилазио многа различита места по целој својој земљи, да би пронашао прикладно место за велики манастир који је намеравао да сагради.

⁸⁰ Григорије Цамблак дошао је у Србију после 1402. године. Могуће је да је дошао на позив деспота Стефана Лазаревића. У Србији је био игуман манастира Дечана, где је и написао *Живот Стефана Дечанског* (Поповић 1936).

„И нађе неко место у пределима хвостанским звано Дечане и када ово добро сагледа, многим сузама благодарио је Бога и обративши се велможама који су с њим рече: „Колико је страшно ово место, оно није ништа друго до дом Божији” (...) А сам поставивши шаторе, ту пребиваше, дивећи се красном месту, јер лежи на највишим местима, сачишћено сваким дрвећем, јер је место многогранато и много плодно, и уједно равно и травно, а ода свуд теку најслађе воде, а ту извиру велики извори и напаја га бистра река, чија вода пре укуса даје велико красовање лицу, а после укуса велико растворење телу (...) Са западне стране затварају га највише горе и њихове стрмине, и отуда је тамо здрав ваздух. Са источне стране овоме се приуподобљава велико поље, наводњавано истом реком. Такво је дакле место часно и достохвално за подизање манастира.” (Цамблак 1936, 22)

Трагање деспота Стефана Лазаревића за местом где је подигао манастир Ресаву, Константин Филозоф забележио је овако:

„И знајући да је мучање (ћутање) одређено да свакога доводи у велику част виђења и гледања, обилажаше горе и поља и пустиње, тражећи где би могао подићи жељену обитељ, стан за ћутање. Нашавши најприкладније и најбоље (место), где би требао бити дом (црква), помоливши се приступи делу, и положи основ у име Свете Тројице, сведржавног божанства.” (Филозоф 1936, 87)

Сваки од владара, односно ктитора, на себи својствен начин, бирао је идеална места за градњу сакралних објеката. Извесно је да се тежило наглашавању лепота и благодети природе. Тако је Стефан Дечански био фасциниран страхом места: *„Колико је страшно ово место, оно није ништа друго до дом Божији”* (Цамблак 1936, 22). Описујући живот свога оца Стефана Немање, Свети Сава је поводом одабира места за подизање манастира Студенице писао: *„Било је ово место као пусто ловиште зверова* (Мирковић 1939).“ Краљ Милутин обнављао је стара здања на култним местима. Циљ је,

дакако, био уздићи природу, узбудити вернике, те призвати силину Бога и правоверја „... тако да сваки који ју је видео мислио да је небо на земљи, и говорио: „Госпoде, вазљубих красоту дома твојега” (Теодосије 2009, 82). Ту потребу средњовековног човека да истакне значај и моћ светог места Жорж Диби у свом делу *Време катедрала* описао је овако:

„Јер Господ се не слави само молитвама већ и лепотама, украсима, архитектонским распоредом, изведеним тако да на најбољи начин представи свемоћ вечнога Бога. (...) Религиозна уметност XIV века је у основи сценска (...) Сви људи тог доба били су наиме убеђени да гледање управља рађањем љубави и храни је. По њима су се сви афективни односи стварали посредством светлосних зрака, а очи су биле врата срца.” (Dibi 2007, 83, 313)

Поред тога што су потврдили да је улога ктитора у одабиру најпогоднијег места за подизање манастира била веома важна, житијеписци су посведочили и о континуитету односа ктитора и његове задужбине која се огледала у сталној бризи и даривању манастира. Са развојем рударства и трговине, као и са наглим процватом градова у Србији XIV века, шири слој имућних људи уврстио се међу ктиторе и дародавце (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 62).

„Поучени вековним веровањем да овоземаљски дар учињен светим заштитницама обезбеђује пут у царство небеско, а свесни да цркве и њихов украс најсигурније доприноси угледу, крупни феудалци су у овим несигурним временима [крај XIV – почетак XV века] улагали огромна средства и труд у своје задужбине.” (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 92)

Тако је и кнез Лазар почео да подиже своје задужбине по Поморављу. Са намером да се покаже као достојни наследник традиционалне верске политике и идеологије, кнез Лазар такође је преузео и бригу о Хиландару, традиционалној задужбини Немањића.

❖ Опште архитектонске одлике споменика моравске школе

Трансформација просторне структуре цркава и манастира уско је повезана са променама политичке климе на Балкану. У периоду Моравске Србије, коју је територијално формирао кнез Лазар након Маричке битке 1371. године, а 1379. године проширио је припајањем Браничева, дошло је до померања државног центра на север, у област слива реке Мораве. Битка на Марици омогућила је Турцима постепено преузимање јужних српских земаља и означила је крај српског царства које се званично угасило са смрћу цара Уроша недуго након битке. Моравска Србија је са југа била ограничена извориштем Јужне Мораве, на северу Савом и Дунавом, на западу Дрином, а на истоку се простирала скоро до Тимока (Ристић 1996, 23). Подизање моравских грађевина одвијало се упоредо са територијалним ширењем Моравске Србије. Тада су српски манастири добили нову функцију као активна одбрамбена упоришта.⁸¹ Поред увођења фортификацијских зидина и кула, дошло је и до промена у архитектонском концепту манастирске цркве. Овај историјски период се у савременој хронолошкој и стилској типологији српског архитектонског израза у средњем веку назива Моравска градитељска школа (Мојсиловић 1981), а чине је црквене грађевине у долинама трију Морави подизане у последњем периоду српске средњовековне државе (1371–1459), у време кнежевине и деспотовине.

У Моравску Србију продирали су утицаји са Свете Горе – монашка литургијска пракса и план црквених грађевина. Триконхосни облик усвојен је као општи тип моравске црквене архитектуре по узору на цркве са Свете Горе, на којој су триконхоси грађени од X века, а искључиво намењени хорским просторима (Ристић 1996, 49). Цркве моравске стилске групе имају тролисну (*триконхос*, грч.) основу, сажетог или развијеног плана облика уписаног крста, задржаног из претходног градитељског периода (Дероко 1962, 179). Триконхосна основа један је од архитектонских концепата који се циклично

⁸¹ Већ 1398. године манастирски комплекс Раванице изгорео је приликом напада Турака (Вуловић 1966, 38).

јављао у развоју хришћанске сакралне архитектуре. Она подразумева да се поред олтарске налазе још и две бочне певничке апсиде. Према традицији, појање се у светогорским манастирима изводи из певница које су грађене као конхе тј. апсиде на северном и јужном зиду наоса, на крајевима краћег крака крста у основи цркве, при чему су хорови добили истакнуто место. Тролисна основа је главна новина моравске стилске групе (Пајић 2009, 68). Апсиде су споља најчешће петостране, а ређе полукружне, док су са унутрашње стране полукружне. У цркву се улази са западне стране, као стране на којој залази сунце и која симболички представља ноћ као *слику духовне таме, незнабоштва и греха*. На тај начин се онај који улази у цркву креће према истоку на коме је смештен олтар, симболишући *духовно сунце – Христа, светлост света* (Мирковић 1965, 80).

У раном периоду Моравске Србије ктитори су велики број својих задужбина посвећивали пресветој Богородици и њеном празнику Ваведења. Сматра се да се управо кнез Лазар, који је преузео бригу о Хиландару, залагао и за ширење хиландарског култа Богородичиног Ваведења у Србији. Овакво духовно опредељење кнеза Лазара објашњава преузимање светогорског облика бочних певница⁸² (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 129), чија је додатна намена била управо прослављање култа Богородице (Ристић 1996, 62).

Простор моравске цркве састоји се из припрате и наоса, који су одвојени масивним попречним зидом у коме се у централној оси налази портал. Припрата је још називана и рај, јер су у њој традиционално били осликани Адам и Ева као симбол идеје о изгнанству, а чији потомци поново проналазе рај у Цркви Христовој. Ту су се држала бденија, литије и погребни, ту су стајале жене које су долазиле 40. дана након погребња да им се прочита очистителна молитва. У припрати се са јужне стране такође налазио и суд за крштења (Мирковић 1965, 108). Припрата је чинила засебан богослужбени простор у

⁸² Ова градитељска настојања да се прошири простор пред олтаром и у бочне конхе сместе хорови који учествују у богослужењу, јавила су се и пре средине XIV века, на пример у Цркви Стефана Дечанског Свети Никола Мрачки (1330), капела у манастиру Риле (око 1350), капела Светог Николе у манастиру Светих Архангела код Призрена (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 129).

коме су обављане богослужбене радње прописане типцима појединих манастира (Ристић 1996, 80; Вуловић 1966, 67). Код моравских цркава припрате су грађене истовремено са црквом или су у појединим случајевима накнадно дозидане, као на пример код Раванице и Нове Павлице. Припрате су зидане са западне стране, у ширини наоса, а дужина је зависила од целокупне концепције цркве (Вуловић 1966, 67). Изнад припрате у појединим примерима грађене су и својствене спратне конструкције, које су биле коришћене као звоник са капелом или као катихумена. Ове спратне конструкције изграђене су, на пример, код Наупаре, Велуће, Сисојева и Нове Павлице (Ристић 1996, 35).

У сажетом облику уписаног крста купола се ослања на пиластре – стубове припијене уз бочне зидове, те грађевина има једнобродан подужан облик и кров изведен у два степена. Цркве сажетог типа уписаног крста имају једновремено изведене припрате, изнад којих се, у појединим случајевима, јавља и четвртаста кула-звоник (као код Лазарице и Наупаре) или нижа калота истакнута као слепо кубе (Дероко 1962, 179). Овом типу припадају Лазарица, Наупара, Павловац, Горњак, Велуће, Руденица, Сисојевац, Каленић, итд.

Код развијеног облика уписаног крста стубови су слободни у централном простору, а над наосом могу бити једна или пет купола, од којих је једна централна и четири мање у угловима наоса. Сводови и кубета сматрају се најсмелијим захватима средњовековне архитектуре. Једнокуполном типу развијеног уписаног крста припадају цркве попут Љубостиње, Нове Павлице и Дренче, а петокуполном типу припадају само две цркве – манастира Раванице и Ресаве. Концепција петокуполних решења поникла је у византијској архитектури. Моравска варијанта петокуполних триконхоса може се сматрати наслеђем локалне традиције Милутинове епохе (Вуловић 1966, 52).

У сваком од поменутих варијанти основе, централно кубе издиже се на пресеку кракова крста, при чему је обично постављено на надвишено

коцкасто постоље⁸³, споља украшено архиволтама. Надвишено кубично постоље обично је постављено над триконхосном основом сажетог уписаног крста – као на пример код Лазарице и Наупаре, а ниско кубично постоље над основама развијеног уписаног крста – као код Љубостиње. Свакако и ту постоје изузеци, те је код Цркве манастира Павловца, која је сажетог уписаног крста, кубично постоље ипак ниско (Ђурић 1985, 36). Надвишено кубично постоље подразумева четири додатна повишена плитка лука, прислоњена на зидове поткуполног простора и ослоњена на конзоле у угловима. На овај начин омогућено је да се пандантифи изведу на већој висини (Ристић 1996, 163). Тамбури су углавном осмострани, са изузетком десетостраног код Раванице и дванаестостраног код Ресаве. Код цркава које имају мање куполе и у угаоним просторима (*пентатрулион*, грч. – петокуполни тип цркве), мала кубета су осмострана (Дероко 1962, 180-90). Симболика бројева изражавана је кроз архитектонске елементе.

„Осам је симболични број препорода, спасења и васкрсења, као што је свет почео осмог дана од стварања, и Христос се дигао из мртвих осмог дана Страдања.“ (Krauthajmer & Ćurčić 2008, 95)

Олтар је најсветији део храма, хришћанска светиња над светињама, најважније место где се свршавају свете радње. Налази се на истоку и полукружног је облика, а са певничким апсидама чини симболичко јединство (Ристић 1996, 63). У средини у горњој зони било је узвишено седиште или престо епископа, а са обе његове стране су седишта презвитера. У средини олтара стајао је свети сто или престо на коме се свршавала евхаристија. Са обе стране полукружног дела олтарског простора налазили су се пастофорији – простори за чување, који су у моравским црквама били решени у виду ниша. Са десне стране олтара налази се протезис – простор за чување хлеба, вина, путира и сл., а са леве стране је ђаконикон у коме се чувају одежде, књиге и сл.,

⁸³ Коцкасто постоље кубета је спољна кубична зидна маса која у себи затвара четири пандантифа. Изнад ње се подиже тамбур – цилиндрични зид између пандантифа и калоте кубета, на коме су отворани прозори зарад осветљења унутрашњег простора цркве (Дероко 1962, 272-3). Габријел Мије је надвишено кубично постоље сматрао одликом моравске архитектуре и називао га „*tambour carré*“ (Millet 1919).

што је била дужност ђакона. Олтар је одељен од осталог простора наоса преградом са иконама која се назива иконостас. На иконостасу живо је осликана суштина учења хришћанске вере. Поред ове образовне улоге, иконостас је такође требало да спречи улазак у олтар приликом причешћа и приношења дарова свима оним посвећенима и владарима (Мирковић 1965, 108).

Срђан Ђурић је у типовима цркава моравске стилске групе уочио постојање одређене хијерархије, односно правила која се тичу тога ко може да подиже које типове задужбина. Тако каже да су само владареве задужбине могле бити петокуполне, свечано и богато зидане. Најужи чланови владарске породице (не и властела) могли су да подижу цркве триконхалног плана развијеног уписаног крста, али не и раскошно зидане. Остали су подизали искључиво триконхалне цркве сажетог уписаног крста, зидане искључиво каменом (Ђурић 1985, 62).

Цркве моравске стилске групе зидане су на један од следећих начина:

- (1) *opus listatum* – наизменично зидање правилним редовима камена и неколико редова опеке, као на Раваници, Лазарици и Каленићу;
- (2) *opus mixtura* – зидање ломљеним каменом и опеком, или пак само каменом, па су зидови малетерисани и бојени, као Наупара, Љубостиња и Дренча;
- (3) зидање правилним квадерима камена, као у Ресави и Враћевшници (Ђурић 1985, 39).

Моравска стилска група сматра се најдекоративнијим и најоригиналнијим стилем средњовековне градње у Србији. Њен архитектонски речник укорењен је у ранијем црквеном градитељству. Најзрелије одлике моравског стила уочавају се на задужбинама кнеза Лазара – Раваници и Лазарици – које представљају „завршни чин стилског развика“ (Ристић 1996, 205). Полихромно украшене фасаде хоризонтално су рашчлањене кордонским венцима, а вертикално колонетама. Најчешће су богато украшене каменим и опекарским елементима у широким спојницама малтера. Својствени декоративни елемент су розете – орнаментисане камене

плоче. Прозори су једноделни, дводелни и троделни. Масивни камени зидови, са малим бројем отвора, изнутра су измалтерисани глачаним фреско малтером (Nepadović 1960), а по њима је израђиван животопис на свежем малтеру у техници *ал фреско*. Под је увек био израђен од камених плоча (Дероко 1962, 26).

„... моравска стилска група има највише свог оригиналнога, и то како у третирању већ познатих архитектонских елемената, тако и у укупноме изгледу и општем духу који су карактеристични за њене грађевине. Ни једна ранија група те старе архитектуре није, не само показала толико смелих комбинација и толико новаторског успеха, већ ни у једној од њих није развијена у толикој мери и једна нова и оригинална концепција естетике – скоро један нов архитектонски стил, који се јасно издваја и од византијског и од орјенталног и од западњачког...“ (Дероко 1962, 189)

❖ **Геометријска начела пропорционисања цркава**

Пројектовање цркава одувек је био најузвишенији задатак, јер је требало да изрази свеопшти поредак као симбол вечне вредности (Wittkower 1971). У античком периоду поистовећивани су појмови симетрије и хармоније, који су означавали уравнотежен и пропорционисан облик. Пропорција је представљала склад делова са целином, а геометријске слике попут круга и квадрата представљале су једноставност и уравнотеженост, троугао статичност и мирноћу, а правоугаоници и пентагон означавали су унутрашњу динамичност (Petrović 1972, 22). И манастирске цркве у средњовековној Србији представљале су највиши домет средине и времена у коме су подизане (Мојсиловић 1981). Војислав Ђурић наводи да је *устаљени обичај* био да су неимари са приморја на раду у Србији узимали из домаће традиције византијске облике као и поједина решења која су била важна за култ, а српска средина радо је прихватала стилска својства која су мајстори доносили са собом, те су средњовековне српске цркве носиле обележја и византијске и

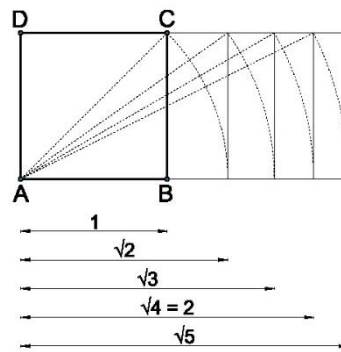
западноевропске цивилизације (Ђурић 1967). Међутим, знања о принципима размаравања и градитељском умећу била су строго чуване тајне током целог средњег века. „*Ту тајност су прописивала еснафска правила (...) зато је тешко рећи каквим су се знањима, искуствима и правилима служили средњовековни неимари* (Миланковић 1997, 215).“ О томе сведоче клесарски еснаф у Стразбуру из 1459. године, као и ред и прописи главних ложа објављених у Стразбуру 1564. године. Како Нојферт пише у *Правилима грађевинарства*, „*кроз цели средњи век једини извори грађевинско-техничког и грађевинско-уметничког знања усмерени су на предања која је мајстор преносио на свог наследника постепено, како је овај сазревао*“ (Neufert 1952, 56). При томе је свако бележење или објављивање градитељских знања и теоријских расправа о градитељству било забрањено под претњом искључења из звања или еснафске ложе. Из тог разлога, невелик је број сачуваних писаних трагова о тајнама градитељског заната.

Улогу протомајстора у решавању пројектантских проблема у изградњи средњовековних цркава у Србији разматрао је Слободан Васиљевић (1956). Он је указао да су средњовековни градитељи били „*вишестрано образовани градитељи*“ који су „*владали разноврсним вештинама*“, нарочито у техничким областима, што је последица „*сачуваних традиција одличних античких техничких школа*“. Ране византијске школе неговале су и развијале традицију римског градитељства, коју су затим пренеле у западну Европу „*у којој је, таласом сеобе народа у раном средњем веку, била прекинута веза са античком техником*“. Васиљевић тако поткрепљује тезу да је разнолико и сложено образовање средњовековних градитеља омогућило појаву уметника ране ренесансе. Томе у прилог говоре и његове пропорцијске анализе српске сакралне архитектуре средњег века. Геометријска пропорција била је основно математичко средство при пројектовању. Еуклид је дефинисао пропорцију као једнакост два односа. Пропорцијска шема основе објеката „*добила се углавном шестаром, употребом дужинске мере као јединице, у простору се одмеравала бројевима прогресије*“. Дакле, однос је веза два израза, а најмање два односа тј. три израза чине пропорцију. Систем пропорционисања у

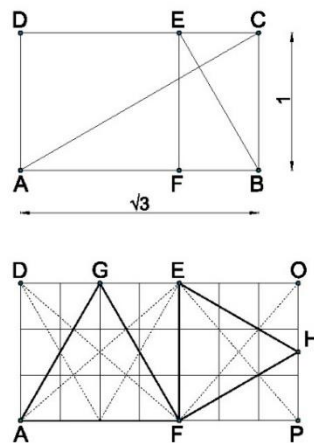
средњем веку произилазио је из унутрашњости ка спољашњости, што у антици на пример никада није био случај. Тек је са засведеним базиликама почело да се пројектује како изнутра тако и споља, односно да се по изгледу грађевине може закључити распоред маса у унутрашњем простору. Тако стуб постаје *„нерв чији положај зависи од сводова“* и основни елемент који дефинише пропорцијску модуларну мрежу (Vasiljević 1956).

Геометријска знања антике, као и природно-филозофска основа уграђене су у градитељско наслеђе средњовековне Србије. Томе у прилог говоре анализе средњовековног града Ресаве и града Смедерева, на којима је показано да је примењена метода лествичне деобе по златном пресеку (Milosavljević 2013, 58). На основу анализа пропорција српских средњовековних цркава Васиљевић је закључио да је пројектовање почивало *„на одређеним принципима, основаним на изванредном познавању математике. По томе је наша архитектура сродна средњовековном градитељству других земаља (Vasiljević 1956).“* Пропорционисање објеката, према Џеју Хембриџу (Jay Hambidge), може се поделити на два облика: (1) статичка симетрија – понављање или спајање једнаких облика (као на кристалима минерала или готским катедралама), и (2) динамичка симетрија – степенска самерљивост која има квалитете кретања и развијања (Vasiljević 1956). Код цркава моравске школе могу се уочити следећи геометријски обрасци меревања основа: квадратура, тријангулатура, музичка аналогија и златни пресек.

Квадратура представља функцију оборених дијагонала. Како је приказано на слици 45, уколико се пође од квадрата ABCD чија страница има јединичну вредност, обарањем дијагонала добијају се дужине $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ и $\sqrt{5}$.



Слика 45: Начело квадратуре, односно обарања дијагонала



Слика 46: Размеравање путем тријангулатуре. Горњи цртеж приказује правоугаоник односа страница 1: $\sqrt{3}$ из кога је добијен правоугаоник θ . На доњем цртежу приказано је степеновање правоугаоника θ

Начело тријангулатуре заснива се на размеровању помоћу правоугаоника θ и правоугаоника $\sqrt{3}$. На слици 46 (горе) приказан је правоугаоник $\sqrt{3}$, ABCD, чије странице стоје у односу $1: \sqrt{3}$. Ту се уочава могућност преклапања са начелима квадратуре, код које се такође долази до правоугаоника односа страна $1: \sqrt{3}$. Кад је правоугаоник $\sqrt{3}$ подељен реципрочном дијагоналном BD која је управна на дијагонали AC, почетни правоугаоник ABCD подељен је на два дела и већа површина, односно правоугаоник AFED представља правоугаоник θ . На доњем цртежу Сlike 46 показано је да се у правоугаоник θ може уписати једнакостранични троугао

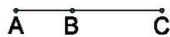
AFG. Управне дијагонале изражавају реципрочност тј. показују да између две сличне фигуре постоји степенски однос. Ако се сад степенује правоугаоник Θ , AFED, добиће се правоугаоник EFPO, као на Слици 46. У овом случају реципрочне дијагонале су AE и EP, односно DF и FO. Однос страна два степенована правоугаоника Θ ($AF:FP=DE:EO$) јесте 4:3.⁸⁴

Аналогија пропорција хармонијских размера са музичком теоријом интервала био је један од првих система у теорији пропорција (Petrović 1972, 21). О музичкој аналогiji која подразумева примену пропорција интервала античке музичке лествице у размеравању архитектонских објеката било је речи у поглављу 3.1.4. Витковер пише да *„када год се наиђе на односе из низа 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 27, 32, 36, 48, итд. безбедно је претпоставити да ово није успутно већ средство рефлексије које директно или индиректно зависи од питагорејско-латонистичке поделе музичке лествице“* (Wittkower 1971, 112). Примена овог система у српској средњовековној архитектури указује на *„остатке основа традиционалног знања у вези са системом музичке аналогije које се еснафски преносило „са оца на сина“ (са мајстора на ученика), а које очигледно није било потребно канонски развијати...“* (Milosavljević 2013, 44). Тежиште простора цркве налази се у пресеку кракова крста, у поткуполном простору, те су односи у вези са осамом од посебне важности. У поглављу 5.2 биће показано да се односи који одговарају великим музичким интервалима, попут кварте, квинте и октаве, уочавају управо у овим основним размерама дуж главних оса. Овде се ваља подсетити да Витрувије помиње музичку аналогiju као *„квдрате и троуглове кварте и квинте“* (Vitruvije 2000, 17-8). Како ће надаље бити показано, у појединим црквама установљено је да странице пропорцијских слика квадрата и троуглова, који се могу уочити приликом реконструкције размеравања објеката, стоје у односима великих музичких интервала.

У моравском градитељству такође је могуће уочити и примену пропорционисања помоћу златног пресека. На слици 47 приказана је дуж

⁸⁴ За доказ овог односа погледати (Vasiljević 1956).

подељена у златној сразмери, која подразумева да се мањи одсечак према већем односи као већи према целом, односно $AB:BC=BC:AC$.



Слика 47: Дуж AC подељена је тачком B у златној сразмери, тако да је $AB:BC=BC:AC$

При размеровању грађевина средњег века, централна купола чинила је доминантан елемент у обликовању храма. Стога је треба сматрати могућим модулом из кога ће се реконструисати целокупно размеровање основе и пресека (Petrović 1974, 91).

С обзиром да је човек одвајкада градио за сопствене потребе, све мере грађевина могу се исказати антропоморфним мерама. У зависности од области и временске епохе грађења величина стопе као мерне јединице варирала је између 28 cm и 32 cm. Насупрот античке праксе размеровања грађевина, када су коришћени искључиво бројевни односи, у средњовековном компоновању простора „*рачунало се са човеком*“, односно, мере човековог тела пресликаване су у пропорције грађевине. Средњовековна мера има много подударности са римском мером, а млетачка потиче из друге половине XVII века, те Васиљевић претпоставља да се у средњовековном градитељству код нас користила стара средњовековна мера заснована на „римској стопи“. Дужина римске стопе је од 29,36 до 29,65 cm, а код Лазарице и Раванице чак 29,2 cm. Важно је имати у виду да су ктитори из лозе Немањића доводили своје градитеље са приморја и из Византије. Мајстори су са собом доносили своје системе размеровања, те је у средњовековној Србији коришћена углавном грчка или византијска стопа (Vasiljević 1956).

5.2.2 Литургијско-акустички захтеви у црквеном простору

У храму се окупљају хришћани како би славили и величали Бога. Храм или црква јесте свето јавно место које се сматра домом Божјим, „*местом где је Бог заиста присутан и где је обећао да ће слушати молитве верних*“ (Мирковић

1965, 78). У цркви је најзначајнији чин богослужења, спољашњег израза унутрашње религије насталог из потребе да верници изразе своју веру и жељу за сједињењем са Богом, поштовање и захвалност за стечене благодати. Поред дидактичке сврхе да шири хришћанску веру и изнутра подиже дух верника ка Богу, богослужење има и своју сакременталну или благодатну сврху, која подразумева искупљење и сједињење човека са Богом, кроз веру, хришћански живот пун врлина, молитву и тајне (Мирковић 1965, 6-11). Православно богослужење чине три главна облика:

1. Реч – изражава се говором и појањем, а ради уздизања духа и побуђивања најсветијих осећаја побожности;
2. Радња – као што су молитва, појање и проповед;
3. Символ – поред симбола вере у догматици, постоји и символ у литургици који изражава религиозну идеју – благослов, освећење, полагање руку или пак хлеб, вино, вода, уље и слично (Мирковић 1965, 13).

О божаственој литургији Свети Сава је писао да је „по дужности свагда треба одржавати у цркви. На њој треба да чувате себе, браћо, тврдо, јер је свето и страшно што се на њој испуњава, пошто се на њој више од других држи и врши страшна и превелика правоверна тајна, названа, како рекосмо, божаствена и пречасна литургија пречаснога тела и крви Господа Бога Спаса нашег Исуса Христа (Свети Сава 2009, 14).“

Током историје црквени оци настојали су да у потпуности очувају садржај и обреде свете литургије које су свети апостоли предали цркви. Већ у другој половини IV века на Истоку користила се литургија Светог Василија Великог, коју је затим скратио Свети Јован Златоусти. Молитва и појање представљају главне радње, тј. само језгро богослужења. Молитва је побожни разговор са Богом, а литургичко или црквено појање је молитва изражена песмом и музиком. Појање је израз верских осећања у коме је ритам речи сједињен са ритмом музике. Познато је да је још у старом Египту, Грчкој и Риму

музика коришћена у религиозним свечаностима.⁸⁵ Музика појачава утиске „ради славе Божје, а затим и ради назидања верних“ (Мирковић 1965, 262). У православној цркви дозвољена је искључиво вокална црквена музика, која је увек везана са текстом. Свети Августин је писао: „Признајем да је увођење појања у цркву веома корисно, особито ако се изводи чистим гласом и тоновима који одговарају речима (Мирковић 1965, 276).“

Основни принцип естетике у средњем веку била је „наслада духовним апсолутом ... као највиши циљ човековог бића“ (Перковић-Радак 2007а, 37). Важност звука и црквеног појања у хришћанском богослужењу, а самим тим и у сакралном градитељству средњовековне Србије, описали су житијеписци. Теодосије је писао о монасима Свете Горе, који су „шумом дрвећа и птичјим цвркутом подучавани“ (Теодосије 2009, 15), а за Светог Саву, који се „одвајаше се од свих појањем“ (Domentiјан 1970), писао је да је презирао „песме младићких пожуда, што слабе душу“ (Теодосије 2009, 5), као и да „сам у ћелији проводећи у ћутању, појањем псалама и молитвама од свега се ка Богу ослобађаше“ (Теодосије 2009, 37). Појање је оличавало посвећеност, али и глас божанског. Теодосије описује тренутак када је Свети Сава унео тело свога оца Светог Симеона у припрату цркве: „Изгледало је као да поје са некима другима... И тако су сви разумели да је преподобни и на крају живота са анђелима појао анђелску песму, и да више, после оне анђелске песме, не треба друге појати“ (Теодосије 2009, 35). Стефан Првовенчани у *Житијама Светог Симеона* пише о његовом доласку свог оца на Свету Гору: „И, дошав, одмах се усели у храм пречисте Богородице Ватопедске. И, савраши се ту, живљаху у радости душевној, у појањима и бдењима, у часним молбама дан и ноћ (Stefan Prvovenčani n.d.).“ Други житијеписац Стефана Немање био је Свети Сава, код кога налазимо да је Симеон пред смрт захтевао од монаха да поју, говорећи им: „Проведите код мене док тело моје, светим и часним вашим песмама опевавши, не погребете!“ (Свети Сава 2009). О Симеоновом напуштању овоземаљског живота уз појање сведочио је такође и Стефан Првовенчани. Пре него што су отпочела

⁸⁵ Видети поглавље 3.2.2 о формирању античког позоришта.

надгробна појања при полагању Светог Симеона у гроб, необични догађаји најавили су светитељство његовог оца: „И наједном би шум, као да се подиже место на ком бејаху. И гле, анђеоска песма невидљиво: "Слава ва вишњих Богу, на земљи мир, ва чловецех благоволеніје." И Триблажени појаше с њима на очиглед свима. И тако предаде дух свој славно у руке Господње. И беше лице његово насмешено, имајући на себи неискazани изглед. И дивљаху се сви, гледајући то (Stefan Prvovenčani n.d.).“ Као и Светог Симеона и Светог Саву су са „псалмима и непрестаним песмама славећи Бога“ положили у гроб (Теодосије 2009, 116).

У Житијама Светог Петра Коришког, Теодосије описује необичне догађаје, поново везане за звук, као објаву божанског: „Те ноћи, кад устадоше за поноћну и јутарњу службу, чуше неизрециве песме и гласове који сладошћу ум и срце у умиљење одводе. И брзо из пештере изађоше и тражаху да виде откуда ово слатко и за слух пријатно појање долази (Теодосије 2009, 130).“

О црквеној музици средњег века у Србији сачуван је мали број примарних извора. Образлажући недостатак српских појачких књига Весна Пено пише да су се мелодије и напеви преносили усмено, као део живе традиције, те да одсуство нотних предлогака подразумева упрошћене мелодије које се једино и могу меморисати. Претпоставља се да је свака појачка заједница неговала извештан степен музичке особености, посебно у питању ритма и интервалског устројства (Пено 2014, 141-5). На основу сачуваних хиландарских неумских рукописа сматра се да континуитет црквеног појања није био прекинут (Перковић-Радак 2007а, 34). У Моравској Србији појављују се први српски композитори (Љубинковић 1996). У антологији манастира Лавре бр. Е-108 из последње деценије XIV века налазе се дела Николе Србина и Стефана Србина. Иако је двојезични рукопис Народне библиотеке у Београду бр. 93 из XV века изгорео, сачувана су на фотографијама два дела кир Стефана Србина⁸⁶ (Перковић-Радак 2007а, 48). Рукопис са краја XV века, који се данас чува у

⁸⁶ Називи сачуваних песама су *Ниња сили* и *Вакусите и видите*. Сматра се да песме кир Николе Србина имају сродности са делима Јована Кукузеља (Перковић-Радак 2007b, 309).

Народној библиотеци у Атини, садржи песме Николе Србина и Исаије Србина⁸⁷ (Перковић-Радак 2007b, 304). Ово су једина три позната српска мелода из средњег века.

Постоје три врсте песама за појење: псалми, химне или пјенија (библијске песме) и духовне оде или песме, које су саставили побожни хришћани ради поуке, али не држећи се строго Светог писма. За извођење црквених мелодија црква не захтева музички високообразоване појце, већ на првом месту побожне хришћане *сређених мисли*, па тек онда по важности долази јасноћа и чистота њиховог гласа. Основни циљ јесте да се истакне смисао текста, а не вокално умеће појца. Наравно, никакво појање не сме бити пропраћено телесним покретима, као што су ритмично лупање ногом, климање главом или ширење руку (Мирковић 1965, 281).

Основни принцип песништва Православне цркве заснован је на ритму, односно акцентима и броју слогова. При томе, како Лазар Мирковић пише, мелодија *„мора бити примењена мисли и саставу текста, да би се исти могао схватити; мора се одликовати величанственом простотом, природношћу, важношћу, умереношћу, каква приличи светости службе. Разумљивост и понављање слогова и речи без свезе, као и наглашавање полувокала, а консонаната по готову. Богослужбеној светости не одговарају сувише вештачки спојеви тонова и ефектни прелази међу истима, претерано појачање или изумирање гласа, јака брзина, уопште ефекти и извијања који приличе светском певању* (Мирковић 1965, 279).“

Како би се очувале традиционалне мелодије богослужења и *„ограничила самовоља незваних појаца“* у уношењу световних мелодија, на Лаодикијском сабору 343. године донета је одлука да само канонички постављени појци улазе на амвон и *„по књизи поју“*. А на Трулском сабору 692. године речено је да *„они који долазе у цркве ради певања, не употребљавају разуздану вику, да не принуђују природу на крике и да не извађају ништа што није сугласно и цркви*

⁸⁷ До сада је једино познато дело Николе Србина *Херувимска песма* на грчком језику, а у истом рукопису сачуван је већи број песама Исаије Србина – *Трисвета песма, Алилуја, Кресту твојему, Полијелеј* и друге (Перковић-Радак 2007b, 304).

прилично“ (Мирковић 1965, 263). Свети Јован Дамаскин, кога Грчка црква слави као свог слаткопевца који носи складну цитру, систематизовао је црквено појање, одредивши тачно сваки од осам гласова. Он је први написао теорију црквеног појања на основу пентакорда, а у границама античке дијатонске лествице, захваљујући чему су мелодије постале једноставније и лакше за вернике. У потпуности је искључио хроматску и енхармонијску лествицу, уз образложење да су их користили незнабошци и јеретици. Увођењем осмогласја црквено појање постало је истоветно у свим црквама, *„добило је скромност и умерну брзину те се кретало горе и доле у облику таласа“* (Мирковић 1965, 266).⁸⁸

Унисоно (једногласно) појање може бити када један појац поје, респонзорно – један отпоје, а други после наставе, и антифоно – два хора која наизменично један другом одговарају. С обзиром да музичка нотација није била широко распрострањена, појање се преносило углавном усменим путем. Сматра се да су литургијске песме биле певане (Стефановић 1975, 14). Текстови песама увек су били подржавани мелодијском линијом, при чему су *„главни акценти речи захтевали најчешће више тонове и представљали значајан фактор у мелодијској конструкцији“*. Ове акцентоване тонове повезивали су пролазни и поновљени тонови. Тако су настајали својствени музички интервали, чијом комбинацијом су стваране тзв. музичке формуле (Стефановић 1975, 11). Дакле, црквено појање вековима је преношено са колена на колена на просторима на којима су живели Срби, најпре усменим предањем, а затим и путем рукописа бележених византијском неумском нотацијом (Petrović 1983). Постоје четири стила појања:

- (1) неумски – неуме су групе различитог броја тонова, које су у средњовековним рукописима нотиране симболима; уобичајено су подељене на *тела* – знаци за поступно кретање, и *душе* – знаци за скокове (Перковић-Радак 2007b, 304);

⁸⁸ Најзнаменитији појац грчке цркве после Светог Јована Дамаскина и реформатор црквене музичке теорије био је Јован Кукузел (1280–1360).

- (2) силабичан – један слог на један тон;
- (3) речитативни – више слогова на исти тон, најједноставнији облик;
- (4) мелизматичан – дуги развијени скуп тонова на један текстуални слог, најсложенији облик (Judkin 2003).

Српско средњовековно појање је једногласно тј. монофоно. Заснивало се на принципу осмогласја⁸⁹, али и на препознатљивим мелодијским или мелодијско-ритмичким формулама (заједнички почетни и завршни тонови, мелодијске доминанте и групе мелодијских формула). Мелодијски ток нема наглих промена, већ је претежно поступан, а ритам тече и зависи од текста. Око XVI века јавља се и такозвани *исон* (лежећи глас) – појац или више њих прате певање другог појца или групе појца певајући на једном истом тону током извесног краћег трајања, да би се тај исти лежећи тон потом променио, поново на извесно време. У једном од хиландарских рукописа исон је описан овако: „*Свеобухватни знак, почетак, средина и крај свих знакова музичке уметности је исон. Без њега се гласови не могу изводити. Назива се безгласан јер нема гласа и као глас се, дакле, не рачуна. За свако понављање пева се исон, тј. пригласен* (Перковић-Радак 2007b, 306).“

Зарад постизања одговарајуће динамике и разноликости богослужења, појање псалама комбинује се са читањем Библије и заједничким молитвама – јектенијама⁹⁰ (Мирковић 1965, 212). Псалами, а нарочито Свето писмо, на богослужењу се читају ради поуке, те је важно да су прочитани јасно, разговетно и побожно. На богослужењу се проповеда када год је потребно, а како би се нагласио значај радњи које следе и потцртала свечаност празника. Уобичајено је да након читања Светог писма долази проповед, као наставак Христове поуке (Мирковић 1965, 294).

Дакле, акустички захтеви у православној црквеној архитектури одређени су потребама богослужења. Како је већ било речи у претходном

⁸⁹ Осмогласник је црквена књига за појце.

⁹⁰ Јектеније је проширена молитва за целу цркву, за временска и духовна добра људи (Мирковић 1965, 207).

поглављу, појање се према византијској традицији изводило из певница које су извођене као конхе (Пајић 2009, 68). Тако су у апсидама српских средњовековних манастирских цркава смештена два хора. У новије време северни хор премештен је у јужну певницу, због недостатка певача или литургијских књига. Ипак, функција певница остала је непромењена (Стефановић 1975, 14). Са амвона – узвишеног подијума наспрам царских врата у наосу (или данас повремено из јужне певнице) – читају се јеванђеља и говори јектеније. Положај верника у православној цркви приликом богослужења јесте усправно стојећи са лицем окренутим ка истоку. Повремено је овај став прекинут подизањем руку и очију ка небу, клањањем (као изразом поштовања, оданости, покорности и захвалности) или клечањем (као изразом грешности) (Мирковић 1965, 304). Како је показано, од највеће важности је да верници добро чују и разумеју ова читања, јер је *„увек поштован приоритет разумљивости и јасног излагања текста, али то није умањило ширину и богатство мелодијског покрета у песмама“* (Перковић-Радак 2007а, 52).

5.2.3 Традиција акустичких судова

Од почетка XX века пажњу домаће академско-истраживачке заједнице привлачили су керамички судови уграђивани у масивне камене зидове сакралне архитектуре средњовековне Србије. У првом периоду истраживања ови узидани судови називани су *„акустички лонци“* (Петковић 1909; Јовановић 1909). Тако је, у *Старинару* из 1909. године, Владимир Петковић писао о налазима у Жичи (Петковић 1909), а Коста Јовановић читав поднаслов чланка посветио *„функцији акустичких лонаца од печене земље“*. Петковић их је сматрао *„карактеристичним знаком“* цркава из XII и XIII века (Петковић 1909), док је Јовановић истовремено тврдио да се они јављају и у ранијој, али и знатно доцнијој сакралној градњи (Јовановић 1909). Следећи талас

значајнијег занимања⁹¹ за ову тему наступио је током шездесетих година XX века (Nenadović 1960; Дероко 1962), када је и Слободан Ненадовић објавио први попис цркава са описом у њима пронађених керамичких судова⁹², њихових позиција и начина постављања. Закључио је да су акустички судови коришћени у свим стилевима сакралног градитељства средњовековне Србије (Nenadović 1960). Све до данас, истраживачи су се спорадично дотицали ове теме, остајући при томе у оквирима својих истраживачких дисциплина (Bajalović Hadži-Pešić 1981; Чанак-Медић 2006; Булић & Црнчевић 2010; Мијић & Šumarac-Pavlović 2004).

❖ Археолошки налази

Иако се у домаћој литератури често може наћи термин „акустички лонци“, налази акустичких судова из средњовековне Србије указују да су, у зидове сакралних здања, уграђивани керамички, најчешће неглеђосани, лонци, крчази и бокали, и то углавном у секундарној употреби као акустички судови. У случајевима адаптације њихове првобитне намене као крчага за воду, дршке пронађених акустичких судова су махом поломљене, а дно избушено (као на пример код крчага из Милешеве, слика 50). Знатно су ређи налази наменски израђених керамичких посуда које су узиђиване у масивне камене зидове. Такви су примери нађени у цркви у селу Комаране, Цркви Св. Апостола Петра и Павла код Брвеника (Стара Павлица), Цркви Св. Никола код Куршумлије (Булић & Црнчевић 2010). Облик акустичких судова пронађених у Цркви манастира Давидовице нема аналогија у средњовековном керамичком материјалу (Булић & Црнчевић 2010).

На попису објеката у којима су пронађени акустички судови (Табела 9) налази се укупно 15 цркава које су данас на територији Републике Србије, Косову и Метохији и манастира Хиландар на Светој Гори. На карти (Слика 48)

⁹¹ У публикацијама из тридесетих година се такође може наћи на помен акустичких судова. Видети: (Дероко 1930; Татић 1929, 132)

⁹² Поред сакралне архитектуре, пријављени су налази тридесет акустичких посуда лоптастог облика у Соко-граду и у средњовековном граду Купинову. Видети: (Bajalović Hadži-Pešić 1981, 25, 32)

су означена места налаза, у различитим бојама према времену, односно стилу градње цркава – преднемањићки период 2/15, рашка стилска група 7/15, моравска стилска група 3/15 и три цркве за које није тачно утврђено време градње. Другим речима, највећи број акустичких судова пронађен је из периода рашке стилске групе, XII-XIII век, док за период српско-византијске стилске групе за сада нема налаза.



Слика 48: Мапа налаза акустичких судова у сакралној архитектури средњовековне Србије

Изузетно је тешко утврдити тачан број и позицију првобитно уграђених акустичких судова. За то постоје многобројни разлози: цркве су делимично или у потпуности оштећене кроз историју, током реконструкције извађени су или поломљени акустички судови или су отвори судова замалтерисани током радова на обнови и осликавању цркве. Највећи број налаза је из манастира Милешеве (20). Висине пронађених судова крећу се у опсегу од 20 cm до 50 cm. Важно је нагласити да су акустички судови из једне цркве увек сличног облика, у једној или две различите величине. Друге акустичке студије средњовековне Европе такође указују на употребу судова у једној или две величине (Valière & Palazzo-Bertholon 2014).

У средњовековној Србији акустички судови уграђивани су на одређеним позицијама, у линији или троуглу, тако да се њихови отвори могу видети у сферним површинама – пандантифима, тамбуру, у зони прислоњених лукова и апсиди. Тако још Јовановић каже да се могу наћи *„нарочито у почецима пандантифа, њиховим луцима, трулима кубета где их има, и у опште у зидовима простора око олтара...“* (Јовановић 1909, 135). За сада је познато да су били хоризонтално уграђивани, и то на два начина: (1) са отвором грлића окренутим ка унутрашњости цркве, а дном према маси зида, и (2) са избушеним дном окренутим ка унутрашњости цркве, а грлићем према маси зида. Иако је други случај ређи, у литератури први цртеж акустичких посуда код нас дао је Дероко (1930) и њихова позиција је управо са дном окренутим према унутрашњости цркве. У случају Цркве манастира Милешева, крчази су хоризонтално постављени, при чему је пробушено дно окренуто ка унутрашњем простору цркве. Једини изузетак чине налази из Тршке цркве код Жагубице, у којој су акустички судови били постављени вертикално, са отвором према доле.

Порекло и преношење традиције акустичких судова у средњовековну Србију нису у потпуности расветљени. У сакралном градитељству комбинована су градитељска и уметничка умећа како Византије, тако и Запада. Услед сталних померања граница, Српска средњовековна држава повремено је укључивала и духовне центре јадранског приобаља – Дукљу и

Далмацију, који су припадали Католичкој цркви. Градитељи са Јадрана, вични грађењу у камену, позивани су да подижу сакрална здања у средњовековној Србији (Ђурић 1967). Сходно томе, уградња акустичких судова може се сматрати једним од многобројних утицаја византијске културе са истока (Јовановић 1909; Бајаловић Њаџи-Пешић 1981) или пак последицом преношења градитељских знања путем зидарских скупина из Далмације (Булић & Црнчевић 2010).

На основу објављених радова, у даљем тексту описани су налази акустичких судова у сакралној архитектури средњовековне Србије, пронађених у укупно 15 цркава које су данас на територији Републике Србије, Косову и Метохији и манастиру Хиландар на Светој Гори (Слика 48). За сваку цркву наведен је ктитор и време настанка, затим је истакнута, уколико постоји, извесна посебност због које је ова грађевина била нарочито значајна током средњег века, описана је њена просторна организација и конструктивни систем, пошто је од важности за разумевање позиционирања акустичких судова. Након тога, дата је позиција и положај пронађених акустичких судова, њихове физичке одлике и, у случајевима где су извађени из зидова, назначен је музеј у коме се данас чувају.

Црква Светих апостола Петра и Павла код Новог Пазара из преднемањићког периода (VIII век) јесте најстарији сачувани споменик средњовековне архитектуре у Србији. На основу просторног решења, конструкције и стилских елемената, сврстава се у објекте прероманске архитектуре (Нешковић & Николић 1987, 17). Све до оснивања прве српске архиепископије у Жичи, Петрова црква представљала је центар црквеног живота у Србији. Црква је кружне основе у коју је уписан крст – четворолист. Купола је преко тромпи ослоњена на четири пиластра. Око поткуполног простора, у истом периоду, саграђен је полукружни ходник и припрата са галеријом, док је део грађевине на јужној страни из каснијег периода. У централном простору пронађено је 11 акустичних судова, у кубету на висини од 40 cm од венца калоте, на међусобном растојању од пола метра до метар. У апсиди су судови узидани у једном хоризонталном реду изнад венца. Такође

се налазе и у другим конхама, и то у угловим по два – укупно 8 судова. Сваки суд је дубине око 30 cm, а отвора грлића око 3,5 cm. Судови су узидани тако да су њихови отвори окренути ка унутрашњости цркве. Отвори су остали видни, односно нису прекривени слојем малтера (Ненадовић 2003).⁹³



Слика 49: Видни отвори акустичких судова у Цркви Светог Петра и Павла код Новог Пазара.
Извор: (Нешковић & Николић 1987)

Црква Светог Петра и Павла код Брвеника, Стара Павлица потиче из преднемањићког доба или са самог почетка њихове владавине. Црква, изграђена вероватно током XII века, данас је у рушевинама, али је купола остала у првобитном положају. Основа цркве је тробродна базилика у коју је уписан крст са кубетом на пресеку кракова које се преко пандантифа ослања на четири стуба, а са западне стране цркве се налазила припрата. Осам равномерно распоређених акустичких судова пронађено је у кубету, у висини где се калота ослања на тамбур, односно где се сустичу спољни прозорски луци. Ови акустички судови, дубине око 25 cm, узидани су у хоризонталном положају (Nenadović 1960), при чему је отвор грлића окренут ка унутрашњости цркве, а дно ка зидној маси која је данас огољена те се дно судова може видети са спољне стране. Пречник суда у тамбуру је на најширем делу 15 cm, дно је широко 10 cm. Отвори су били премалтерисани фреско-

⁹³ У Србији је Петрова црква једини пример овог типа сакралног објекта из периода раног средњег века, међутим аналогје се могу наћи са појединим црквама у Далмацији. Сходно томе важно је сагледати и уграђене акустичке судове, који се могу наћи у црквама далматинске обале (Jurković & Turković 2012; Marasović 2003).

малтером. У једва израженим пандантифима пронађен је по један акустички суд, пречника 30 cm на најширем месту (Nenadović 1960). Дакле, у Цркви манастира Старе Павлице пронађена су две димензије акустичких судова: осам судова у тамбуру су мањих димензија, а четири суда у пандантифима већих. Сви пронађени судови су од добро печене земље, цинобер боје и нису глеђосани (Nenadović 1960). Сматра се да су ови судови наменски израђени за акустичку сврху (Булић & Црнчевић 2010).

Црква Светог Николе код Куршумлије јесте једна од првих задужбина Стефана Немање, оснивача династије Немањића, подигнута је у периоду између 1152. и 1168. године. У овом манастиру, по добијању српске црквене самосталности у Никеји 1219. године, смештено је седиште новоформиране Топличке епископије (Томовић 2000). Црква је једнобродна грађевина са кришкасто подељеном куполом и троделним олтаром. На западној страни цркве, Стефан Првовенчани дозидао је припрату са два кулама, а уз северну страну је краљ Милутин саградио капелу. Акустички лонци су пронађени у пандантифима под кубетом. Било их је укупно четири комада (Bajalović Hadži-Rešić 1981). Један добро очувани акустички суд данас се чува у Народном музеју у Београду и он је висок 31,7 cm, пречник на најширем делу је 23–24 cm, а пречник дна је 13,5 cm. Дебљина зидова је 5–8 mm. Отвор лонца је широк око 12 cm. Лонац је од печене земље, црвено-жуте, неуједначене боје и није глеђосан. Иако се сматра да је рађен на витлу, облик лонца није правилан. Украшен је са три траке и неколико линија са горње стране. Лонац је био узидан хоризонтално, тако да је дно било окренуто ка маси зида, а отвор грлића био је отворен ка унутрашњости цркве (Nenadović 1960). Сматра се да су ови судови наменски израђени за акустичку сврху (Булић & Црнчевић 2010).

Црква посвећена Преображењу Христовом у селу Придворица некада је била део манастирског комплекса. На основу стилских одлика црква се датује у крај прве половине XIII века, дакле у време рашког сакралног градитељства. Црква је једнобродна, са куполом у централном делу, трансептом и пространом припратом. Испод источног и западног

прислоњеног лука који носе централно кубе, нађена су по два акустичка суда узидана у хоризонталном положају, тако да је дно окренуто маси зида а отвор ка унутрашњости цркве. Дубина судова је око 35 cm, а ширина отвора око 10 cm (Nenadović 1960).

Црква посвећена Вазнесењу Христовом у манастиру Жича задужбина је краља Стефана Првовенчаног, подигнута почетком XIII века. Заслуге за подизање храма такође се приписују и светом Сави, првом архиепископу Српске цркве. Са стицањем самосталности Српске цркве 1219. године, манастир Жича постао је седиште српске архиепископије. Црква припада рашкој градитељској школи, те је карактерише једнобродни наос са куполом, трансептом и бочним параклисима, широка апсида на источној, унутрашња и спољна припрата са кулом на западној страни. Укупно је пронађено 11 акустичких судова, и то у поткуполном простору – у зиду северне певнице по један суд у висини почетка прислоњеног лука који носи кубе, „у дијафрагми под западним прислоњеним луком у истој висини као и на северној страни и са истим распоредом по два комада“, на северној страни, у углу западног зида један и у пандантифу северне капеле још један (Nenadović 1960). Такође се претпоставља да је могуће да акустичних судова има и у наспрамним зидовима на аналогним местима, али да су отвори замалтерисани (Ненадовић 2003).⁹⁴ Судови су постављени хоризонтално у зидове цркве, тако да су отвори окренути ка унутрашњости црквеног простора. Дубина лонаца у западном зиду износи 38 cm, а у поткуполном простору и до 43 cm. Отвори ових лонаца варирају од 13 до 15 cm (Ненадовић 2003).

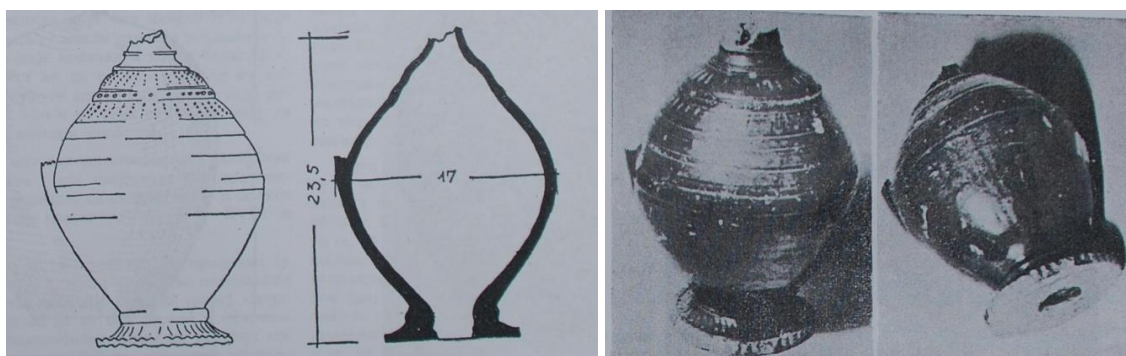
Црква Светих Апостола у Пећкој патријаршији представља духовно седиште и мазулеј српских архиепископа и патријарха. Храм је подигао архиепископ Арсеније I, у трећој деценији XIII века. Ненадовић је дао скицу

⁹⁴ О налазима акустичких судова у Жичи писао је почетком XX века Владимир Петковић. Такође се у цртежима Валтровића и Милутиновића могу уочити кружни отвори на луку испод пандантифа који би могли да одговарају позицијама акустичких судова (Valtović & Milutinović 2006).

позиције судова испод горњих преломљених прислоњених лукова на северној, западној и јужној страни, где се данас виде по четири рупе које представљају отворе лонаца. И овде постоји могућност да су се судови аналогно постојећим позицијама, налазили и на источној страни, међутим она је потпуно омалтерисана, те је могуће да су отвори судова прекривени слојем малтера или је пак читав зид президан, а судови уништени. Отвор лонаца је ширине 10 cm, а површине лонаца на којима се отвори налазе су фрескописане. У осталим Црквама Пећке патријаршије – Светом Димитрију, Светој Богородици и Светом Николи, као ни у припрати архиепископа Данила II нису уочени никакви отвори који би указали на постојање акустичких судова у зидовима ових здања (Nenadović 1960). Бајаловић Хаџи-Пешић помиње да су у Пећкој патријаршији пронађени фрагменти крчага из XIV века, истог типа као крчаг пронађен у Милешеви (Bajalović Hadži-Pešić 1981).

Црква посвећена Вазнесењу Христовом у манастиру Милешеви задужбина је краља Владислава Немањића, сина Стефана Првовенчаног. Црква је подигнута у трећој деценији XIII века, а након преношења моштију Светог Саве из Трнова 1236. године постала је исходиште светосавског култа. Црква припада рашкој стилској групи. Основа је једнобродна, а на пресеку брода и певничког трансепта подигнута је купола. Спољна припрата са бочним капелама подигнута је око 1236. године. У Цркви Вазнесења Христовог нађен је највећи број акустичких посуда уграђених у средњовековну сакралну архитектуру у Србији. У поткуполном простору испод лукова који носе кубе пронађено је преко 20 акустичких судова типа крчага, који су прилагођени за ову сврху тако што су им пре узиђивања одломљени грлић и дршка, а дно пробушено у централној зони. То су *„крчази већих димензија, са уским издуженим грлићем, једном дршком и бокастим трбухом, са највећим пречником од средине наниже“*, који такође имају *„прстенаста испупчења на грлићу, по трбуху хоризонталне урезе са низовима косих убода, начињених радлом, док је веома истакнута стопа профилисана по ивици“* (Bajalović Hadži-Pešić 1981, 60). Значајно је нагласити да су ови крчази били такође хоризонтално постављени, али са дном окренутим према унутрашњем

простору цркве. Ненадовић наводи да је преко дна суда био набачен фреско малтер, али и да је код неких са великом пажњом малтером обрађен обод отвора који је остао отворен. Иницијално су то били крчази за воду, израђени од иловаче која је после печења остала бела. Један извађени крчаг глеђосан је зеленом бојом, а чува се у Народном музеју у Београду. По његовој спољној површини налазе се тракасти трагови од израде на витлу и ситни утиснути тачкасти украси. Дубок је 23,5 cm, пречника дна 11 cm, отвора грлића 4,5 cm, а у најширем делу пречника 17 cm (Вајаловић Hadži-Пешић 1981; Ненадовић 2003).



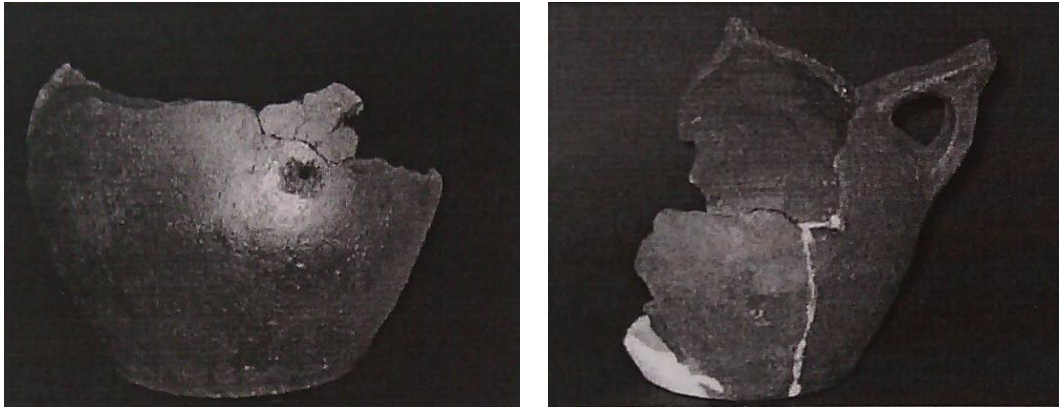
Слика 50: Изглед и пресек керамичког суда (лево) и фотографије зелено глеђосаних судова са пробушеним дном (десно) из манастира Милешева. Извор: (Nenadović 1960)

Богојављенска црква манастира Давидовице код Бродарева на Лиму, задужбина је Димитрија Немањића, Вукановог сина, а унука Стефана Немање. У књизи дубровачке општине пронађен је уговор из 1281. године између старца Давида (монашко име властелина Димитрија Немањића) и дубровачког градитеља Десине де Риса који се тим путем обавезао да ће саградити цркву у Бродареву (Ђурић 1967). Мајстор се водио примерима старијих споменика рашке стилске групе, те је Црква манастира Давидовице једнобродна, са припратом, куполом ослоњеном на луке и пиластре, и бочним капелама правоугаоних основа са куполама на осмоугаоним тамбурима. Иако се у литератури помиње број од првобитно уграђена четири акустичка суда (Нешковић 1961, 96), приликом археолошких истраживања поткуполног простора 1997. године пронађена су два узидана у западни зид цркве испод њеног кубета (Булић & Црнчевић 2010), „на месту где се преломљени лук додирује са ивицом пандантифа“ (Nenadović 1960). Дно првог суда је ширине 9

cm, при чему је испупчено са унутрашње, а равно са спољашње стране. Највећа ширина бокастог трбуха првог суда је 15 cm, при чему је на њему констатована перфорација, за коју се претпоставља да је изведена ради заустављања даљег ломљења посуде. Ово би такође могло да укаже на претходну употребу ових судова. Оба суда изведена су на једнак начин, уз разлику што други суд има незнатно шире дно од 10,6 cm. Код њега је такође очувана, изнад грлића суда косо навише, „мања тракаста дршка са дугметастим проширењем“. Спољна површина суда је црвено-мрке боје. На дну обе посуде са спољне стране налази се техничка ознака витла – централно кружно удубљење ширине 2,5 cm и три угаоно распоређена отиска на међусобном растојању од око 4,5 cm, што значи да су израђене у истој радионици (Булић & Црнчевић 2010). Оба суда била су постављена хоризонтално са дном у маси зида и отвором грлића према унутрашњости цркве (Nenadović 1960).

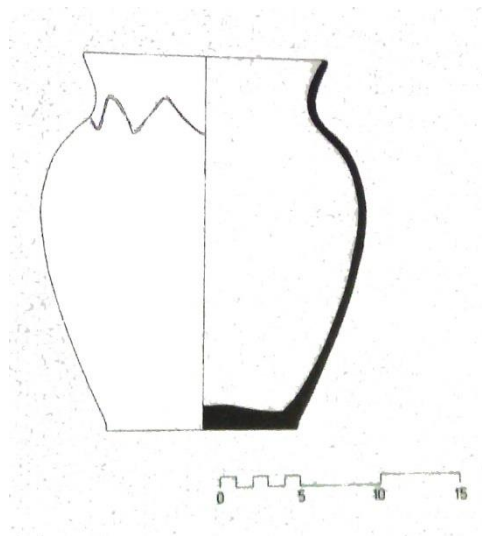


Слика 51: Западна страна обновљене куполе Цркве манастира Давидовице са видљивим отворима акустичких судова. Извор: (Чанак-Медић 2006)



Слика 52: Акустички судови пронађени у Цркви манастира Давидовице. Извор: (Булић & Црнчевић 2010)

Тршка црква у селу Трг код Жагубице посвећена је Рођењу Богородице (раније Светом Николи). Сматра се да је подигнута крајем XIII века или почетком XIV века (Чанак-Медић 2006), те припада групи млађих грађевина рашких храмова. То је једнобродна базилика са полукружном олтарском апсидом, куполом над једним од три травеја наоса ослоњеном на пиластре, нартексом и крајем XIV века дозиданим егзонартексом. Црква је *„добро занатски изведена ... зналачки трасирана, а њена целина пажљиво компонована“* (Чанак-Медић 2006). Почетком XX века писано је да постоје назнаке о акустичким лонцима у зидовима Тршке цркве код Жагубице (Петковић 1909), да би се тек недавно испоставило да се ту заправо налази један од најбоље очуваних налаза. Свих девет акустичких лонаца пронађених у северном зиду северног травеја наоса цркве извађени су и испитани, при чему је установљено да су истоветне посуде биле уграђене и у јужни (оштећене приликом поправки зида), а највероватније и у порушени западни зид. Пронађени лонци су истог типа и приближно истих димензија. Имају равно дно, бокаст трбух, низак врат са повијеним ободом и украсне траке. Били су узидани на 3,75 m од коте пода. Оно што издваја налазе акустичких судова из Тршке цркве јесте податак да су били узидани вертикално, те да је отвор суда био окренут надолу (Чанак-Медић 2006). На једном од судова се на бокастом делу налази и пробушена рупа. Ови акустички судови данас се чувају у Народном музеју у Пожаревцу.



Слика 53: Изглед и пресек акустичког суда из Тршке цркве код Жагубице. Извор: (Чанак-Медић 2006)

Црква Ваведења Пресвете Богородице код Брвеника, Нова Павлица, задужбина је Стефана и Лазара Мусића, нећака кнеза Лазара. Сматра се да је подигнута крајем XIV века, те да на основу времена настанка и одлика основе припада споменицима моравске стилске групе. Црква има триконхосну основу развијеног типа, са куполом која се ослања на слободне ступце и издиже се над коцкастим постољем. У сваком од четири пандантифа постоји по једна рупа, односно отвор акустичког суда који је хоризонтално постављен у зид. Данас су ови отвори запушени дрвеним облицама пречника око 8,0 cm. Дубина судова је од 40 до 46 cm, а отвор грлића је 10 cm (Вајаловић Нађи-Решић 1981).

Црква Пресвете Богородице у Доњој Каменици код Књажевца подигао је непознати бугарски властелин у првој четвртини XIV века. Основа цркве је у облику неправилног крста, са куполом и припратом на спрат, изнад које се издижу две мање куле-звоници. У време подизања цркве овај крај није био у оквирима српске државе. У југо-западном и југо-источном пандантифу пронађен је по један акустички суд (Вајаловић Нађи-Решић 1981), дубине 20 до 25 cm. Међутим, након пада кубета ниједан суд није сачуван у целини (Ненадовић 2003).

Црква Вазнесења Христовог у манастиру Раваница задужбина је кнеза Лазара Хребељановића, подигнута у осмој деценији XIV века. Након погибије у боју на Косову 1389. године, мошти кнеза Лазара прнете су у манастир Раваницу, који је затим постао место ходочашћа и централна тачка ширења култа светог кнеза и косовских мученика. Раваничка црква припада моравској стилској групи – триконхосна основа уписаног крста са пет купола на наглашеним коцкастим постољима и накнадно дозиданим отвореним нартексом. Током конзерваторских радова пронађен је један бокал за који се сматра да би могао бити акустички суд (Вајаловић Hadži-Pešić 1981).

Црква у селу Комаране данас се налази у рушевинама, а тачно време њене изградње је непознато. Ипак, у њеним остацима пронађена су два керамичка суда висине 22 cm, пречника дна 12,5 cm, пречника горњег дела 13 cm на коме је отвор пречника 3 cm. Највећа ширина лонца је 18 cm, а дебљина зидова око 5 mm. Лонци су црвене боје и нису глеђосани. Сматра се да су прављени искључиво за сврху акустичких судова (Ненадовић 2003, 434). Данас се чувају у Народном музеју у Београду. Сматра се да су ови судови наменски израђени за акустичку сврху (Булић & Црнчевић 2010).



*Слика 54: Акустички судови пронађени у рушевинама старе цркве у селу Комаране.
Извор: (Mijić & Šumarac-Pavlović 2004)*

Манастир Хиландар је српски православни манастир који се налази на Светој Гори, држави православних монаха на трећем краку полуострва Халкидики у Грчкој. Након што су га 1198. године обновили Стефан Немања и његов син Сава, манастир је постао упориште српске културе и духовности. Његовом градитељству надаље су доприносили током средњег века владари из лозе Немањића. У **Параклису са кубетом у пиргу Светог Ђорђа манастира Хиландара** подигнутом у XV или XVI веку пронађени су керамички судови у северо-источном и северо-западном пандантифу. Судови су постављени хоризонтално, а њихови отвори пречника 1-2 cm окренути су ка унутрашњости простора, при чему је малтер око њих пажљиво заобљен. Дубина ових судова је око 40 cm (Nenadović 1960). Акустички судови такође су пронађени и у капели манастира Хиландар – иза просторије у којој се чувају иконе. То је просторија величине 4,6 x 3,2 m, засведена неправилном калотом. У оба јужна пандантифа пронађен је по један акустички суд дубине око 50 cm, узидан хоризонтално, тако да је отвор окренут унутрашњости просторије.

Табела 9: Табеларни приказ броја, димензија, оријентације и места уградње акустичких судова пронађених у црквама средњовековне Србије

АКУСТИЧКИ СУДОВИ У ЦРКВАМА СРЕДЊОВЕКОВНЕ СРБИЈЕ				
Црква	Број налаза	Димензије	Оријентација	Позиција
Светог Петра и Павла код Новог Пазара (VIII век)	~ 11 + 8	Д: 30 cm ОГ: ~ 3.5 cm	Отвор грлића ка унутрашњости цркве није био замалтерисан	У кубету на висини од 40 cm од венца калоте, на растојању 0.5–1.0 m, као и у другим конхама, у угловима по два; у апсиди су узидани у једном хоризонталном реду изнад венца (Ненадовић 2003)
Светог Петра и Павла код Брвеника, Стара Павлица (преднемањићко доба; XII век; данас у рушевинама)	8 +4	Д: 25 cm П: 10–15 cm П: 30 cm	Отвор грлића је ка ун. цркве; дно се види са спољне стр. цркве	У кубету, у висини где се калота ослања на тамбур тј. где се спољни прозорски луци сустичу (8 посуда равномерно распоређених); у пандантифима по један (Nenadović 1960)
Светог Николе код Куршумлије (1168. година)	4	П: 13,5–24 cm Д: 31,7 cm ОГ: 12 cm	Отвор грлића ка унутрашњости цркве	У дну сваког пандантифа по један (примерак у Народном музеју)
Преображење Христово у селу Придворица (крај XII века)	4	ОГ: ~ 10 cm Д: 35 cm	Отвор грлића ка унутрашњости цркве	Испод источног и западног прислоњеног лука који носе кубе, нађена су по 2 акустичка суда у хоризонталном положају (Bajalović Hadži-Pešić 1981)
Вазнесење Христово, манастир Жича (Стефан Првовенчани, XIIIв.)	11	ОГ: 13–15 cm Д: 38–43 cm	Хоризонтално постављени са отвором ка унутрашњости цркве	У поткуполном простору: у зиду северне певнице по 1 ком. у висини почетка прислоњеног лука који носи кубе, у западној и северној дијафрагми под западним прислоњеним луком (по 2 ком.), на северној страни, у углу западног зида (1 ком.), у пандантифу северне капеле (1 ком.) “...вероватно да их има и на супротним зидовима, на одговарајућим местима, али су она сада прекривена фрескама.” (Ненадовић 2003)
Свети Апостоли у Пећи (прва половина XIII века)	4	ОГ: 10 cm		Испод горњих преломљених прислоњених лукова на северној, западној и источној страни (Bajalović Hadži-Pešić 1981)
Вазнесење Христово, манастир Милешева	~20	Р ₁ : 1,2 cm Р ₂ : 4,5 cm ОГ: 2,5 cm Д: 23 cm	Дно окренуто према споља. Рупа је остала отворена	У поткуполном простору испод лукова који носе кубе пронађени су судови који су прилагођени за ову сврху тако што су им одбијени

(Стефан Владислав, XIII век)		П: 10,5–17 см		грлић и дршка, а дно пробушено. Један извађени крчаг је глеђосан зеленом бојом, а чува се у Народном музеју у Београду (Bajalović Hadži-Pešić 1981; Ненадовић 2003)
Богојављенска црква, манастира Давидовица (жупан Димитрије Немањић, крај XIII века; посуде из 1282. године)	2	П: 15 cm Д: ~ 20 cm	Отвор грлића ка ун. цркве. Дно посуда је испупчено са ун. стране, а равно са спољне	На западној страни испод кубета, узидани са краја у маси зида на месту где се преломљени лук додирује са ивицом пандантифа (не у пандантифу)
Тршка црква код Жагубице (крај XIII – поч. XIV века)	9		Вертикално узидани лонци са дном окренутим надоле	Северни зид северног травеја наоса; истоветни лонци су били уграђени и у јужни и западни зид (Чанак-Медић 2006)
Ваведења Пресвете Богородице, код Брвеника, Нова Павлица (браћа Мусић, крај XIV века)	4	ОГ: 10 cm Д: 40–46 cm	Отвори посуда су ка унутрашњости цркве	У сваком пандантифу постоји по једна рупа – отвори лонаца за акустику, али су данас запушене дрвеним облицама пречника ~8,0 cm (Bajalović Hadži-Pešić 1981)
Пресвета Богородица у Доњој Каменици (крај XIV века)	2	Д: 20–25 cm		У југозападном и југоисточном пандантифу пронађен је по један суд (Bajalović Hadži-Pešić 1981). Након пада кубета није сачуван ниједан цео суд (Ненадовић 2003)
Вазнесење Христово, манастир Раваница (XIV век)	1			Нађен бокал при конзерваторским радовима (Bajalović Hadži-Pešić 1981)
Црква у селу Комаране (непознато време изградње; данас у рушевинама)	2	Д: 22 cm П: 12–18 cm ОГ: 3 cm		Судови су прављени наменски за уградњу у зидове; црвене су боје и нису глеђосани (Ненадовић 2003)
Параклис у пиргу Светог Ђорђа манастира Хиландара (XV или XVI век)		ОГ: 1–2,0 cm Д: ~ 40 cm	Отвори посуда су ка унутрашњости цркве	У североисточном и северозападном пандантифу. Нису замалтерисани отвори
Капела у Хиландару (непознато време)	2	Д: 50 cm	Отвори посуда су ка унутрашњости цркве	У оба јужна пандантифа пронађена је по једна посуда
* ОГ – отвор грлића; Р – пречник рупе на дну; Д – дубина; П – пречник најширег дела				

❖ Акустичка истраживања

Истраживачи архитектонског наслеђа покушавали су да протумаче мотив за уградњу керамичких судова у масивне камене зидове средњовековних цркава. Упркос нејасноћама везаним за њихову намену, истраживачи су се на крају без изузетка опредељивали за акустичку функцију ових посуда. Тако Петковић пише: „... функција ових лонаца није јасна. Мучно би било објаснити њихову примену конструктивним потребама, а можда би подесно било схватити их у улози резонатора (Петковић 1909).“ Јовановић је понудио подробније објашњење и коначно закључио да је намена ових судова кроз историју постала нејасна, а да су наставили да се уграђују некритички и са неразумевањем основне намене, те пише:

„Изгледа несумњиво да је њихова употреба дошла с начином зидања с Истока, где су некада морали имати значајну улогу, као средства за појачавање резонанције. Међутим доцније, нарочито у овим крајевима, изгледа да им је та функција потпуно пренебрегнута те је њихова употреба потицала више из наслеђених традиција у начину грађења, него из свесно схваћене потребе за што бољом резонанцом у цркви.“ (Јовановић 1909)

Ненадовић истиче да су се наше средњовековне цркве обично сматрале акустичним. Поред испитивања акустичких судова, он се осврће и на геометријске одлике цркава, те претпоставља да су земљани лонци постављани да спрече директно одбијање звука ка говорнику који стоји у полукружним певничким апсидама, односно да у улози резонатора утичу на равномерно распростирање звука по читавом простору, те да говорник не чује себе појачано (Nenadović 1960). Насупрот томе, Дероко је сматрао да су они „служили зато да простор боље одјекује“, те је њихову улогу тумачио на следећи начин:

„Када су ти судови узидани тако да им се отвори виде, онда њихове шупљине појачавају звучност простора као нпр. отвори и шупљине

на гитарама и осталим музичким инструментима.“ (Дероко 1962, 26)

У домаћој литератури је доскора било општеприхваћено становиште да су керамички судови уграђивани у камене зидове средњовековних цркава „ради боље акустике“ (Дероко 1930). Тек почетком XXI века акустичари и мултидисциплинарни археоакустичарски тимови приступили су систематском истраживању налаза ових судова и акустичким испитивањима простора у којима су пронађени.

Сви пронађени керамички судови (Табела 9) припадају резонторима Хелмхолцовог типа, са релативно малим отвором наспрам пречника посуде на најширем делу. Другим речима, ови резонатори имају само једну резонантну фреквенцију (Мијић & Šumarac-Pavlović 2004). То се подудара са налазима акустичких судова у осталим деловима средњовековне Европе (видети поглавље 3.2.3).

Како је показано, у неколико случајева акустички судови су извађени из зидова током конзерваторских радова и данас се чувају у музејима. Из тог разлога, на поменутих судовима могуће је једино вршити лабораторијска акустичка мерења или испитивати њихов рачунарски модел у одговарајућем софтверу. Истраживања акустичких судова из средњовековне архитектуре професора Мијића и професорке Шумарац-Павловић, базирана су управо на лабораторијском тестирању акустичких судова пронађених у цркви у селу Комаране из XIV века. Први прорачуни резонантних фреквенција ових судова, засновани искључиво на доступним цртежима, показали су вредности од 166 Hz (Kalić 1984), међутим лабораторијска испитивања су указала да су ове вредности значајно ниже: за један суд 124 Hz, а за други 131 Hz. Дакле, резонантне фреквенције ових судова су ниске (могу се побудити мушким бас гласом), а опсег је веома узак (Мијић & Šumarac-Pavlović 2004). На ниским фреквенцијама, апсорпција уобичајено дрвеног намештаја у црквама је мање делотворна, те има смисла да су резонантне фреквенције акустичких судова ниске (Valière et al. 2013). Такође, у раду се даље закључује да због незнатног

броја уграђених посуда, оне нису имале значајан утицај на звучно поље, као и да услед малих запремина српских средњовековних црква нема користи од даљег смањивања времена реверберације. Из тих разлога аутори сматрају да су акустички судови коришћени као последица усмено преношене традиције, без знања о њиховој акустичкој функцији (Mijić & Šumarac-Pavlović 2004).

Постоји још налаза на којима је могуће извршити лабораторијска акустичка мерења. Акустички судови из манастира Милешеве и Цркве Светог Николе код Куршумлије чувају се у Народном музеју у Београду, а из Тршке цркве у Народном музеју у Пожаревцу. Такође је могуће извршити *in situ* мерења у црквама у којима су судови на првобитним позицијама а њихови отвори нису прекривени слојем малтера. Тако бисмо могли да уочимо да ли се јављају извесне акустичке правилности и приближимо се разумевању градитељских мотива за преношење ове акустичке традиције у средњовековној Србији.

5.3 Аналошко језгро

Аналошко језгро студије случаја обухвата шест цркава моравске стилске групе. У одабиру цркава за студију случаја покривене су две основне варијанте триконхалне основе – (1) сажетог уписаног крста – Лазарица, Наупара и Павловац, и (2) развијеног уписаног крста – једнокуполна Љубостиња и петокуполне Раваница и Ресава. За сваку од цркава дати су подаци о ктитору и локацији на којој је подигнута црква тј. манастир, описан је конструктивни склоп и унутрашња архитектура цркве и представљени су могући начини пропорционисања објекта. С обзиром да су градитељски принципи на којима се заснива сакрална архитектура средњовековне Србије били чувани као строга тајна, данас нам нису доступни писани трагови о планирању и изградњи ових задужбина, већ је могуће искључиво посредно закључивање о општем принципу који лежи иза архитектонског и акустичког пројектовања средњовековних простора.

У графичким приказима потенцирана је тачност унутрашње линије зидова, док су украси на спољашњој линији зидова у потпуности занемарени, јер не утичу на акустичко поље простора. На основу техничке документације добијене за свих наведених шест цркава у Републичком заводу за заштиту споменика културе Београд, приликом изласка на терен провераване су и кориговане поједине димензије унутрашњег простора, на основу мерења ласерским мерачем HILTI PD 40. Ове корекције не односе се на Цркву манастира Ресаве, за коју су коришћени дигитализовани цртежи добијени у Републичком заводу за заштиту споменика културе Београд, као ни за Цркву манастира Павловца чије дигиталне снимке ми је уступио Централни институт за конзервацију.

5.3.1 Црква Светог Вазнесења Христовог, манастир Раваница

Црква манастира Раванице, посвећена Светом Вазнесењу Христовом, подигнута је између 1375. и 1377. године као задужбина и гробна црква кнеза Лазара Хребељановића. Манастир Раваница налази се 11 km од Ђуприје, у клисури у подножју Кучајских планина, у атару села Сењ. Уски плато северозападне екпозиције налази се на надморској висини од 340 m, на окуци Раваничке речице која протиче на око 150 m од манастира. На самом излазу из клисуре, испод остатака старих зидина од опеке, избија јако врело хладне воде које су још римски легионари каптиралаи и широким керамичким цевима обезбеђивали се свежеом планинском водом. Раваничка речица давала је планинску пастрмку и доприносила манастирској економији покретањем воденичних каменова, а такође је била погодна и за натапање повртњака и њива водом. Општи положај манастира у доброј мери је затворен, окружен брдима са свих страна. Док се са источне стране терен спушта до саме реке одакле почињу обронци планина, западна страна је блажа, а самим тим је ту и поглед нешто отворенији (Скоћајић 2004, 98).



Слика 55: Поглед на Цркву Светог Вазнесења Христовог манастира Раванице са северозападне стране

О планирању и тражењу погодног места за изградњу Раванице приповедао је народни певач у песми *Опет зидање Раванице* у којој Милош Обилић овако говори кнезу Лазару:

*„Но чули ме, славни царе Лазо!
Виђео сам даље у Ресави,
У Ресави твојој државини
Под Кучајем високом планином
Један лијеп, царе, заравањак,
Гради ноће Раваницу цркву,
Гради, царе, што гођ љепше можеш...“*

(http://www.rastko.rs/knjizevnost/vuk/vkaradzic-pesme_II.html#_Toc494261480)

Модел за изградњу Раванице била је главна Црква манастира Свети Архађели код Призрена, задужбине цара Душана (Ристић 1996, 187), а сама Раваница постала је „*прототип за даља решења*“ као један од најважнијих споменика и хронолошки на самом челу моравске групе споменика (Вуловић 1966, 9). Основа раваничке цркве је триконхос варијанте развијеног уписаног крста. Она је израз „*новог узора у којем су сједињени облици српских владарских, петокуполних задужбина XIV века и светогорских триконхосних католикона*“ (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 130). Црква се састоји из припрате и наоса, при чему је одлука о подизању припрате накнадно донета. С обзиром да је концепција грађења припрате истоветна као и на осталом делу цркве, сматра се да је припрата подигнута убрзо након изградње храма, још за време живота кнеза Лазара, те се њему приписује као ктитору цркве (Вуловић 1966, 22). У зиду између наоса и припрате, северни улаз накнадно је отворен и стога закошен. Припрата је првобитно замишљена као отворени трем са бочним двојним пролазима. То се уочава на осликаној композицији ктиторског модела. Облик развијеног крста уписан је у квадратну основу припрате која је засведена слепом куполом. У наосу, на завршецима краћег крака крста налазе се конхе – певничке апсиде, које су као и олтарска апсида полукружне са унутрашње, а петостране са спољашње стране, засведене полукалотом. Улази у певничке апсиде накнадно су пробијени. Апсиде протезиса и ђаконикона

благо су смакнуте са подужних оса бочних травеја, те су приближене олтарској апсиди. Са унутрашње стране су полукружне, а са спољне имају облик закошеног трапеза, што је довело до значајног искошавања отвора на апсиди како би се поставила на центаралну страницу спољног трапеза. Црква је петокуполна – централно кубе издиже се у пресеку кракова крста, преко тамбура и панданифа ослоњено на четири стуба у наосу, а четири мања кубета налазе се у угловима наоса. Мале куполе ослањају се на бочне зидове и широке подужне лукове, и приметно се шире преко њих.

У бочним конхама, хорови су имали истакнута места. Певачи су носили посебна одела, попут изнад њих осликаних певача у Божићној химни. Служба је била веома свечана (Љубинковић 1996, 24), а иконографске теме тесно су повезане са богослужењем и то кроз целу цркву. Читави делови зидова данас су без живописа услед озбиљних оштећења (Љубинковић 1996, 21). Раваничка црква рестаурирана је 1958–1961. године, када је дозидана и ниска припрата (Дероко 1962, 192).



Слика 56: Поглед ка олтарској апсиди и јужној певници Цркве манастира Раванице



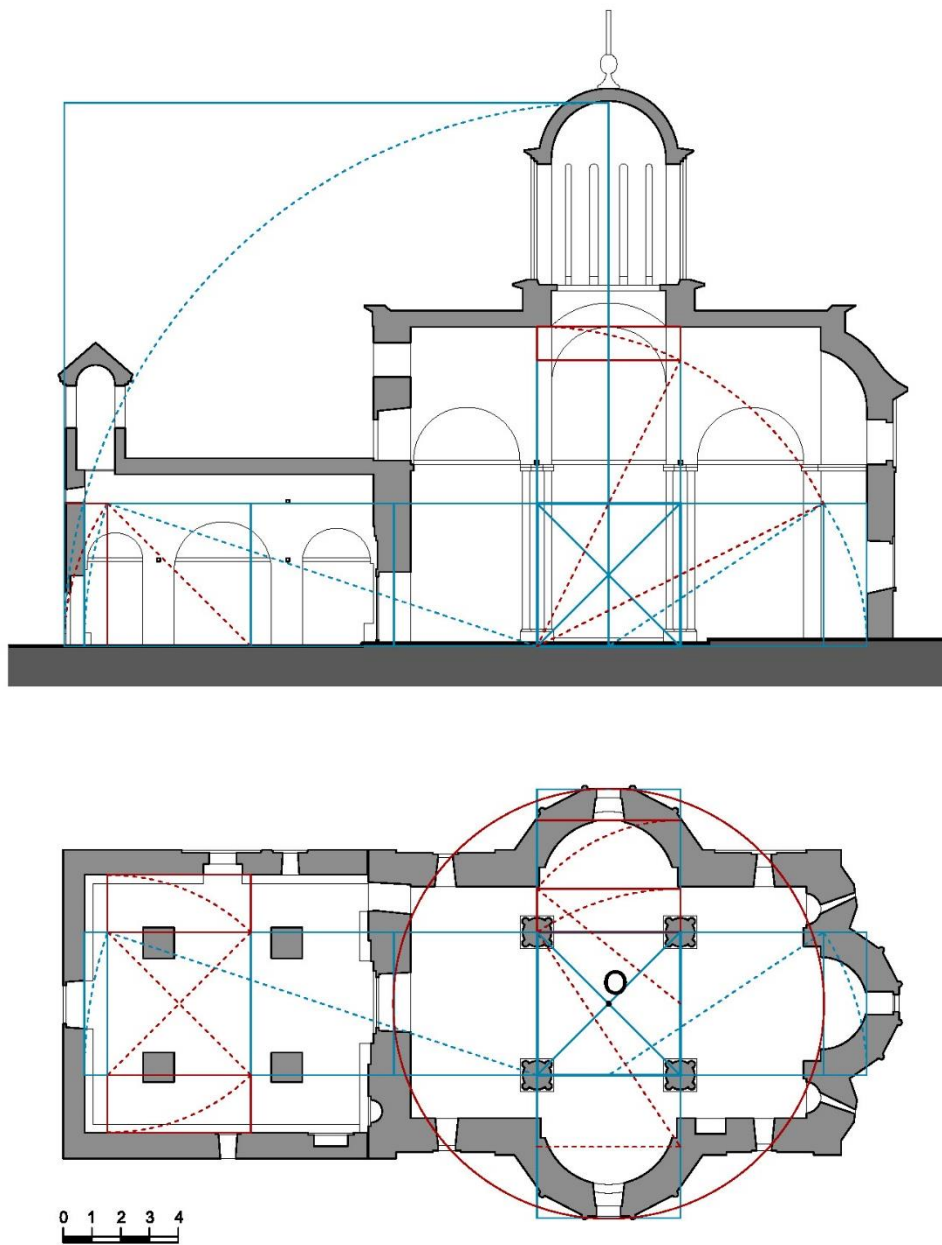
Слика 57: Поглед ка куполи Цркве манастира Раванице. Са десне стране слике види се полукалота јужне апсиде

Анализа пропорција Цркве манастира Раванице показала је да се у размаравању основних димензија плана и пресека може уочити примена пропорција великих интервала античке музичке лествице, односно октаве (1:2) и квинте (2:3). Поред тога, уочене су и могућности размаравања помоћу квадратуре и тријангулатуре, што говори у прилог томе да су истовремено коришћени различити системи размаравања објеката. На слици 58 приказано је могуће пропорционисање према принципима квадратуре. На основу овог графичког приказа може се уочити да се кренуло од основног квадрата чија темена леже у осам стубова који носе централну куполу. Ту се уочава да је основна геометријска слика пропорционисања наоса грчки крст. Ширина припрате добија се обарањем дијагонале полазног квадрата. Такође се уочава да је висина куполе једнака дужини од спољног зида припрате до средишње осе, односно на цртежу означене тачке O . На слици 59 представљено је могуће размаравање цркве према принципима тријангулатуре, при чему је за висину полазног троугла узета попречна оса наоса. Степеновањем правоугаоника Θ

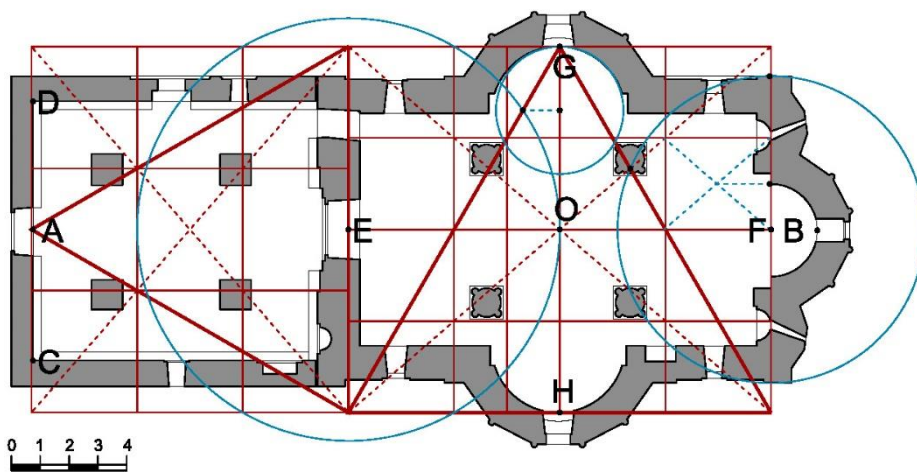
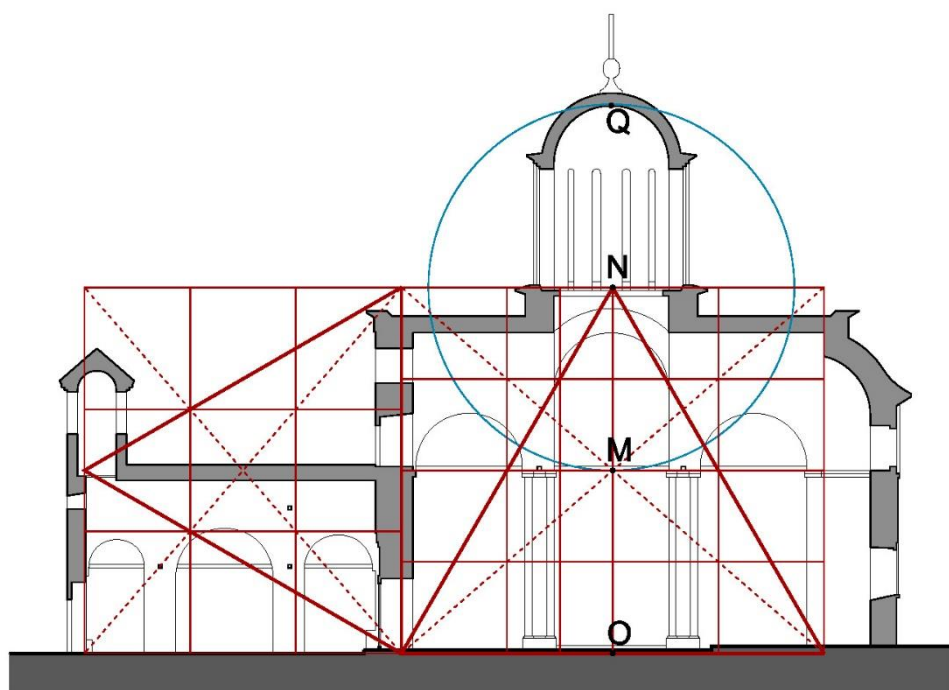
добијен је реципрочни правоугаоник који одговара дужини приправе. Иста слика троугла у пресеку одређује почетак тамбура куполе (тачка N), а њена половина је висина горње тачке венца (тачка M). Висина куполе добијена је додавањем једне половине висине полазног троугла, односно $MN = NQ$. На слици 59 такође су назначене тачке, односно дужине које стоје у међусобним односима према принципима музичке аналогije. Ови односи представљени су у табели 10.

Табела 10: Пропорције великих интервала античке музичке лествице које су уочене у размеравану Цркве манастира Раванице

Однос	Интервал	Рачунска вредност	Измерена вредност
CD:AB	Квинта, 2:3	0,67	0,67
AO : AB	Квинта, 2:3	0,67	0,67
EO : EF	Октава, 1:2	0,5	0,5
GO : GH	Октава, 1:2	0,5	0,5
ON : OQ	Квинта, 2:3	0,67	0,67
MQ : OQ	Квинта, 2:3	0,67	0,67



Слика 58: Пропорционисање према принципима квадратуре приказано на подужном пресеку (горе) и основи (доле) Цркве манастира Раванице



Слика 59: Пропорционисање према принципима тријангулатуре приказано на подужном пресеку (горе) и основи (доле) Цркве манастира Раванице

5.3.2 Црква Лазарица у Крушевцу

Задужбине кнеза Лазара Хребелјановића – Раваница и Лазарица – подигнуте су скоро истовремено. Грађење придворне Цркве Лазарице непосредно се везује за подизање престонице у Крушевцу. Грађена је у периоду између 1377-1380. године, што се поклапа са завршним градитељским радовима проширења престонице и рођењем Стефана Лазаревића. Кнез Лазар цркву је посветио архиђакону Стефану, иначе заштитнику династије Немањића, а у славу свог прворођеног сина Стефана (Ристић 1989).



Слика 60: Југоисточни поглед на Цркву Лазарицу

Лазарица се сматра родоначелником сажетих триконхоса у српској средњовековној архитектури (Ђурић 1985, 61). У погледу просторног решења и укупних односа Ристић истиче да „такав склад ни пре ни после Лазарице није остварен у моравској архитектури“, те да је она „парадигма моравског триконхосног плана“ (Ристић 1996, 68). У основи је комбинована са обликом сажетог уписаног крста. Унутрашњи простор састоји се из наоса и припрате,

који су повезани порталом у масивном каменом зиду. У наосу се кубе издиже на пресеку кракова крста ослањајући се на пиластре прислоњене уз подужне зидове, тако да је унутрашњи простор наоса целовит, без визуелних препрека до иконостаса (Ристић 1989). Кубе је са унутрашње стране високо 17,25 m од данашње коте готовог пода. Изнад припрате издиже се четвртаста кула. И кула и централно кубе леже на тамбуру, што грађевини даје високу степенасту силуету.



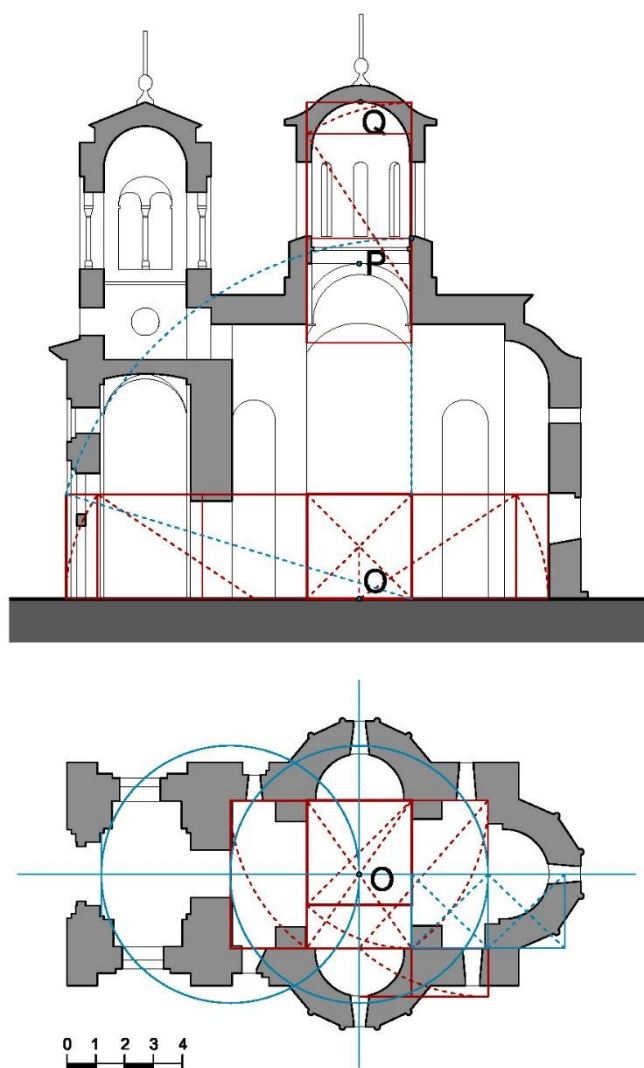
Слика 61: Унутрашњост Цркве Лазарице. Горе лево – поглед од иконостаса ка улазу; горе десно – поглед ка иконостасу и олтарској апсиди; доле – поглед на куполу и полукалоту јужне апсиде, са позиције пролаза који води у припрату

С обзиром да мермер није коришћен на задужбинама кнеза Лазара, Лазарица је грађена тесаним пешчаром и опеком. Фасаде су раскошно декорисане у сложеном поретку шареноликих али не скупоцених украса, који „нигде нису били тако спретно и маштовито сједињени као на Лазаревим задужбинама“ (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 133). Лазарица се одликује „изузетном хармоничношћу целине, потпуном зрелошћу и довршеношћу“ (Ристић 1996, 205). Рестаурирана је 1904. године, што је чини првим рестаурираним објектом у Србији (Дероко 1962, 193). Следећи радови на конзервацији и рестаурацији рађени су 1967. године под надзором архитекте Бранислава Вуловића (Ристић 1989).

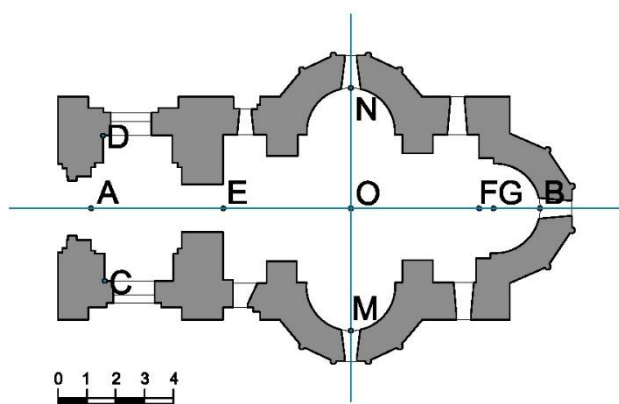
Како Ристић наводи, и код Лазарице је коришћен геометријски пропорциони модел, при чему се паралелно користила и тријангулатура и квадратура (Ристић 1989, 37). Уколико се пође од квадрата чија је дужина странице једнака удаљености између два пиластра, као на слици 62 могу се добити све значајне тачке путем обарања дијагонала. То се уочава и на подужном пресеку. Код Лазарице се такође налазе односи који одговарају великим музичким интервалима – квинти и октави, и то како у основи тако и у пресеку. На сликама 62 и 63 означене су тачке, односно дужине чији су односи приказани у табели 11. На слици 64 приказано је извођење основних димензија путем тријангулатуре. На подужном пресеку уочава се да је основна геометрија могла бити изведена са једним целим и једном половином правоугаоника Θ .

Табела 11: Пропорције великих интервала античке музичке лествице које су уочене у размеравању Цркве Лазарице

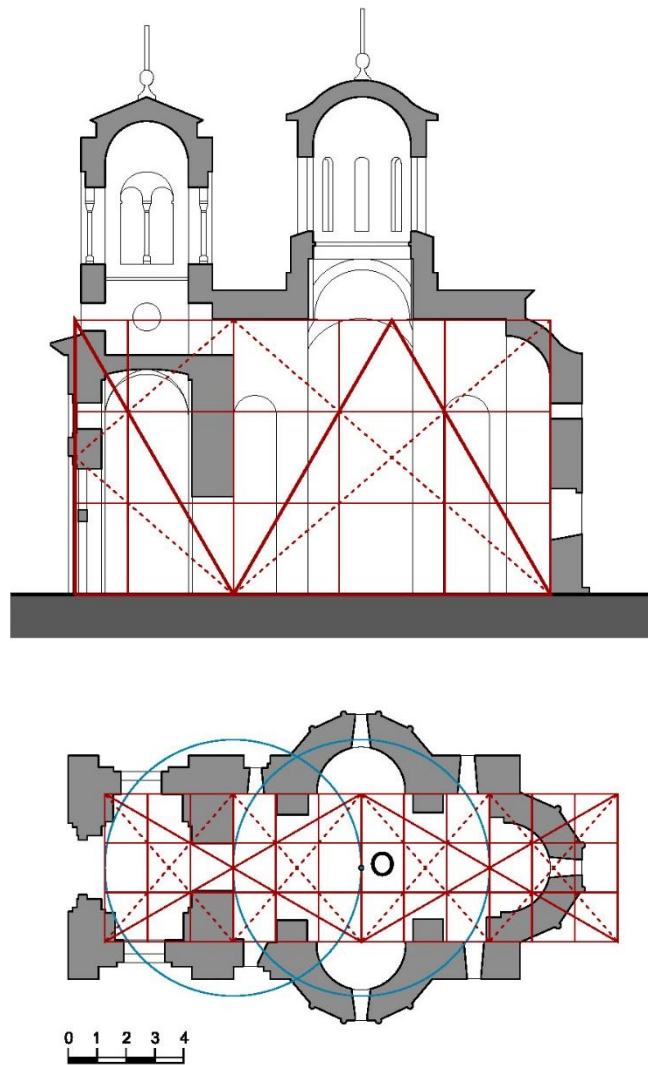
Однос	Интервал	Рачунска вредност	Измерена вредност
CD : AB	Квинта, 2:3	0,67	0,67
EG : AG	Квинта, 2:3	0,67	0,67
OP : OQ	Квинта, 2:3	0,67	0,67
EO : EF	Октава, 1:2	0,5	0,5
NO : MN	Октава, 1:2	0,5	0,5



Слика 62: Пропорционисање према принципима квадратуре приказано на подужном пресеку (горе) и основи (доле) Цркве Лазарице



Слика 63: Основа Цркве Лазарица са обележеним тачкама за анализу пропорција према музичкој аналогји



Слика 64: Пропорционисање према принципима тријангулатуре приказано на подужном пресеку (горе) и основи (доле) цркве Лазарице

5.3.3 Црква Рођења Пресвете Богородице, манастир Наупара

Не постоје писана сведочанства о подизању манастира и манастирске цркве у селу Наупара. Сматра се да је првобитно подигнута као придворица (Ристић 1996, 223). Стара посвета цркве је Богородици Елеуси, а данашња Рођењу Пресвете Богородице (Ристић 1996, 223). У повељи манастира Дренча из 1382. године каже се да су те године монах Доротеј и његов син јеромонах Данило основали манастир Дренчу и приложили му придворицу у Наупари. Стога се верује да су оснивачи Дренче били такође и ктитори Наупаре. На основу архитектонског решења, сматра се да је Црква Лазарица у Крушевцу послужила као узор за подизање ове манастирске цркве, те се њено подизање датује између 1377. и 1382. године (Поповић & Ћурчић 2000, 15).

Црква у Наупари налази се 13 km јужно од Крушевца, у селу Наупара на обронцима планине Јастребац, а на десној обали наупарске речице. Утврђено је да је то једнослојни средњовековни археолошки локалитет, односно да манастир није подигнут на старијем култном месту (Поповић & Ћурчић 2000, 21).



Слика 65: Југозападни поглед на Цркву Рођења Пресвете Богородице манастира Наупара



Слика 66: Унутрашњост Цркве манастира Наупаре – поглед ка куполи



Слика 67: Унутрашњост Цркве манастира Наупаре – поглед ка северној апсиди

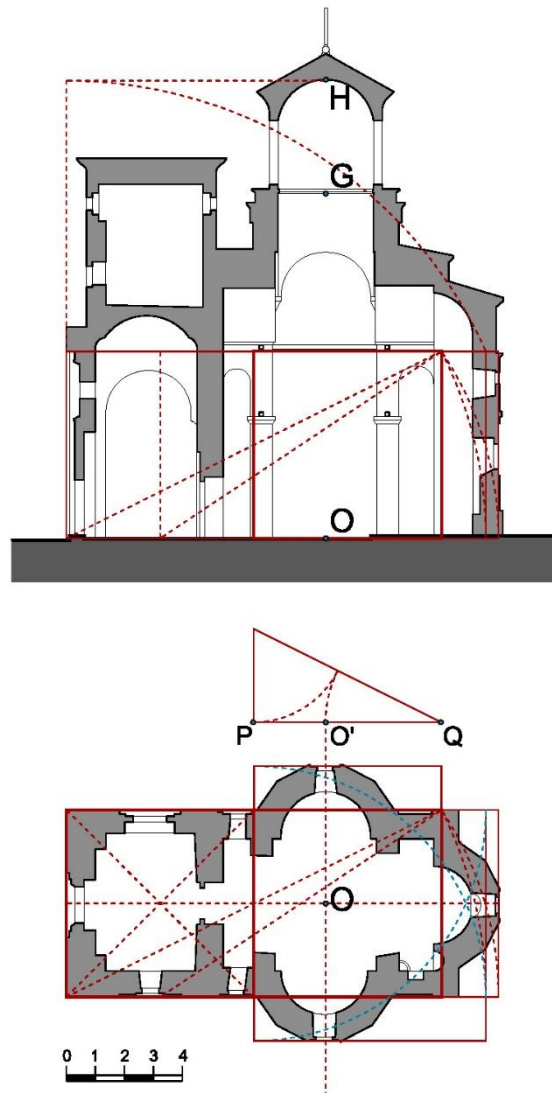
Основа цркве је комбинација триконхоса са сажетим уписаним крстом. Простор је подељен на наос и припрату. Припрата је грађена истовремено са црквом (Ристић 1996, 223). У цркву се улази кроз западни и северни портал у припрати. Камена клупа постоји целом дужином западног и јужног зида припрате. Северни и јужни крајеви припрате засведени су плитким полуобличастим луцима, ослоњеним на угаоне пиластре на западној, а на конзоле на источној страни. Између ових лукова и западног и источног зида припрате налазе се пандантифи, изнад којих је подигнута слепа калота. Изнад припрате налази се правоугаона просторија до које води пролаз у јужном зиду, чији улаз се налази у висини прислоњеног јужног лука припрате.⁹⁵ Припрата и наос повезане су каменим порталом у масивном попречном зиду. Средишњи простор наоса дефинишу четири пиластра, приљубљена уз подужне зидове цркве. Пиластри подупиру два лука на северној и јужној страни, као и обличасти свод на источној и западној страни. Четири угаоне конзоле подупиру четири прислоњена лука. У угловима између прислоњених лукова налазе се четири неправилна пандантифа изнад којих се издиже (споља двостепено) кубично постоље, са унутрашње стране цилиндрично, а изнад њега осмострани тамбур и купола. Северни и јужни део западног травеја наоса засведен је полуобличастим луцима, а у горњој зони налази се кружни прозорски отвор. Дрвене затеге повезују пиластре, и то у два нивоа. Оне су млађег датума и немају бојену декорацију. Профили камених венаца на пиластрима, ослонцима сводова и подножју тамбура, састоје се из равног и закошеног дела, без украса. Апсиде тј. конхе – олтарска на истоку и певничке на југу и северу – унутра су полукружне, а споља петостране. Засведене су полукалотама које почињу са истих висина као прислоњени лукови. У северном и јужном травеју светилишта налазе се полукружне нише у источном зиду и по једна правоугаона засведена ниша у јужном и северном зиду. У оси олтарске апсиде налази се полукружна ниша која се горе наставља у правоугаону нишу главног прозора апсиде (Поповић & Ћурчић 2000, 26).

⁹⁵ Просторија на спрату засведена је полуобличастим сводом и покривена је двосливним кровом.

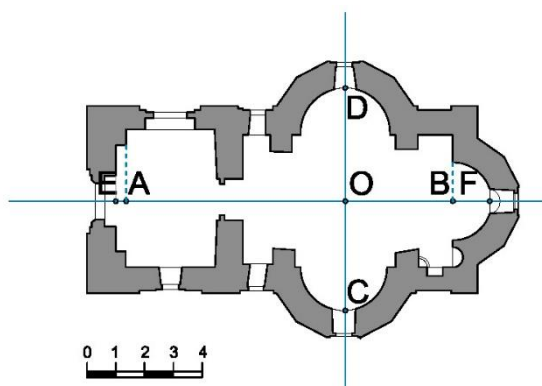
Зидови наоса и припрате грађени су полуобрађеним пешчаром са два лица и испуном од трпанца. На угловима су правилно обрађени камени квадри. Кула изнад припрате грађена је комбиновањем правилних квадера пешчара и опеке. Калота изнад припрате грађена је сигом. Портали су камени, а врата дрвена. Кровови су од поцинкованог лима, односно бакра на куполи, на дрвеној дашчаној подлози постављеној преко сводова и лукова.

Црква је обновљена 1835. године у време Милоша Обреновића. О томе сведочи уклесани натпис у каменој плочи изнад портала на западној страни припрате. Том приликом поправљане су горње зоне зидова наоса и кубично постоље, а тамбур и купола су у потпуности президани. Од 1949. године манастир Наупара заштићен је као културно добро, а 1979. године категорисан је као споменик културе од великог значаја. Предузети радови на цркви до 1995. године подразумевали су санацију конструкције, конзервацију и делимичну рестаурацију архитектуре и живописа (Поповић & Ђурчић 2000, 21). Када су током конзерваторских радова 1992–93. године откривене оригиналне средњовековне нивелете подова у цркви и припрати, под је у потпуности обновљен.

Анализа пропорција Цркве манастира Наупаре показала је да је у размеравању могуће добити основне димензије коришћењем начела квадратуре. На слици 68 показано је да се, уколико се пође од квадрата чија је страница једнака спољашњој ширини припрате, може извести основна геометрија. На подужном пресеку (Слика 68 горе) јасно се уочава да се на исти начин може добити и висина објекта. Попречна оса дели страницу пропорцијског квадрата у односу златног пресека, те како је приказано изнад цртежа основе, важи пропорција: $PO':O'Q=O'Q:PQ$. Поред златног пресека, уочени су и односи који одговарају музичкој аналогiji, односно музичким интервалима кварте, квинте и октаве. Они су приказани у табели 12, а тачке су обележене на слици 68 и 69.



Слика 68: Пропорционисање према принципима квадратуре приказано на подужном пресеку (горе), и основи (доле) Цркве манастира Наупаре



Слика 69: Основа Цркве манастира Наупаре са обележеним тачкама за анализу пропорција према музичкој аналогији

Табела 12: Пропорције великих интервала античке музичке лествице које су уочене у размеревању Цркве манастира Наупаре

Однос	Интервал	Рачунска вредност	Измерена вредност
AO : AB	Квинта, 2:3	0,67	0,67
EO : EF	Квинта, 2:3	0,67	0,67
DO : DC	Октава, 1:2	0,5	0,5
OG : OH	Кварта, 3:4	0,75	0,75

5.3.4 Црква Успења Пресвете Богородице, манастир Љубостиња

Иако не постоји тачан податак о времену оснивања манастира Љубостиње, нити о градњи цркве посвећене Успењу Пресвете Богородице, сматра се да је то свакако било пре Косовске битке, тачније између 1381. и 1388. године (Ђурић 1985, 44). Манастир Љубостиња је задужбина кнегиње Милице Хребељановић, која се, када је њен син Стефан Лазаревић стекао пунолетство и преузео власт 1393. године, повукла у манастир Љубостињу у коме је као монахиња Јефимија умрла и сахрањена 1407. године.

Манастир Љубостиња налази се 3 km северно од Трстеника и ушћа Љубостињске реке у Западну Мораву. Манастир је подигнут на равном терену, на левој страни реке, а са свих страна окружен је Гледићким планинама, са чијег највишег врха, Самара, извире Љубостињска река. Црква манастира Љубостиње тачно је оријентисана према равнодневничком истоку (+1°)⁹⁶. Сматра се да то доказује да су пратомајстори познавали гномонску методу коју је описао Витрувије, и то помоћу најједноставнијих помагала – виска, угаоника, теразија, гномона, грома (Tadić & Gavrić 2012).



Слика 70: Североисточни поглед на Цркву Успења Пресвете Богородице манастира Љубостиње

⁹⁶ Исти је пример и Цркве манастира Каленића (-1°).



Слика 71: Унутрашњост Цркве манастира Љубостиње – поглед ка иконостасу, олтарској апсиди и јужној певници

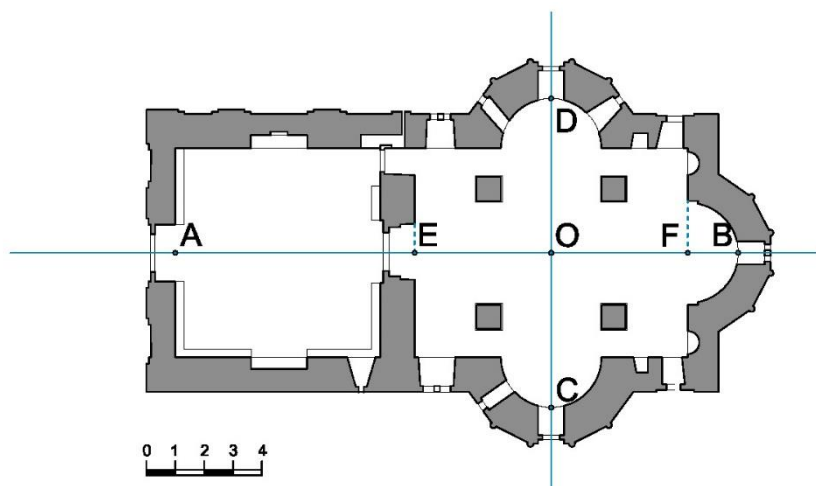


Слика 72: Унутрашњост Цркве манастира Љубостиње – поглед са улаза из припрате ка северној певници

Црква манастира Љубостиње представља другу етапу, односно период зрелости моравске школе. Триконхос је комбинован са планом развијеног уписаног крста. Црква се састоји из припрате и наоса. Једноставна је и прочишћена по питању конструкције. Припрата је једновремено озидана са наосом. Приближно је квадратне основе, засведена слепом калотом над пандантифима. На основу фасада Дероко претпоставља да је припрата некада могла имати четири слободна ступца, а можда и спрат са кулом, јер се виде трагови камених степеница које су водиле кроз зид (Дероко 1962, 198). У припрати је у исто време саграђен и ниски камени банак уз зидове, који је коришћен за време богослужења. Припрата и наос одвојени су масивним попречним зидом у коме се налазе два отвора – главни портал у централној оси цркве и мањи пролаз у северној зони зида. На прагу између припрате и наоса уклесано је име градитеља – „Протомајстор Боровић Рад“, за кога се сматра да је био још и протомајстор спољне припрате у Хиландару (Ђурић 1985, 45). Боровић Рад једино је познато име протомајстора моравске архитектуре (Ристић 1996, 207). С обзиром да се у обликовању архитектуре тежило наглашавању вертикалности, и унутрашњи простор наоса усмерен је ка највишој тачки куполе. Масивни ступци у централном простору наоса подупиру високе лукове угаоних травеја. Цилиндрични тамбур са прозорским отворима лежи на пандантифима и подупиру куполу. Ниско кубично постоље изнутра је цилиндрично.

У градитељству моравске школе изузетна важност и посебна пажња придавана је обликовању и декорацији западне фасаде цркве и њеног портала, као на пример код Раванице и Лазарице. Код Цркве манастира Љубостиње доследна примена начела симетрије довела је до новина у обликовању фасаде, те су све три фасаде припрате уједначене. Такође је над скоро коцкастом масом припрате постављен и крстолики кровни покривач (Ђурић 1985, 31). Припрата је оригинално имала четири портала, потпуно симетрично – правоугаона, са лунетом одвојеном од надвратника архитравном гредом. Касније су бочни улази у припрату зазидани.

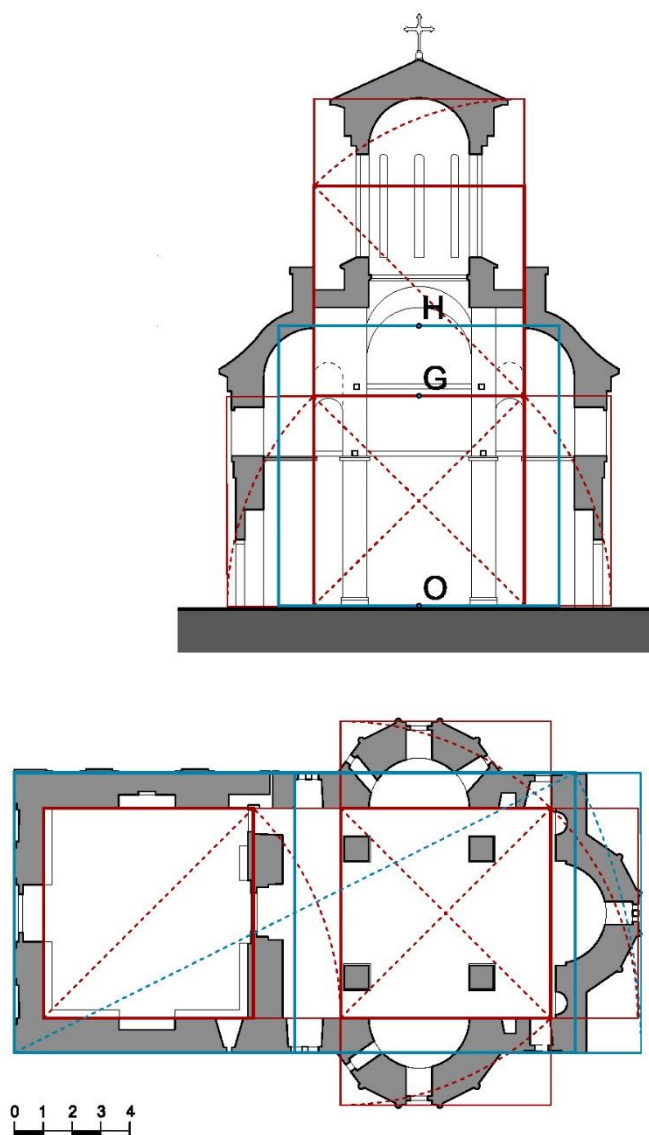
Анализа пропорцијских односа Цркве манастира Љубостиње показала је да је могуће размерити цркву користећи принцип квадратуре, односно обарања дијагонала. На слици 74 приказани су цртежи попречног пресека (горе) и основе (доле) са пропорцијским дијаграмом. На основи се уочава да уколико се крене од квадрата странице ширине припрате, добија се симетрична слика квадрата са обореним дијагоналама које одређују спољашњу линију апсида, односно, са западне стране спољну линију зида наоса. Поред црвеног квадрата у основи је такође дат и плави квадрат чија страница одговара спољашњој ширини зида припрате. На овај начин целокупна дужина цркве добија се када се плави квадрат удвостручи и обори се дијагонала $\sqrt{5}$, као на цртежу. Овај метод мерења Цркве манастира Љубостиње приказао је и Ђорђе Петровић у књизи *Композиција архитектонских облика* (Petrović 1972, 145). Према музичкој аналогији, страница црвеног и плавог квадрата стоји у односу 3:4, односно одговара му музички интервал кварте (OG : OH). На сликама 73 и 74 (горе) приказане су тачке коришћене за анализу пропорција према музичкој аналогији. Учени интервали кварте, квинте и октаве, приказани су у табели 13.



Слика 73: Основа Цркве манастира Љубостиње са обележеним тачкама за анализу пропорција према музичкој аналогији

Табела 13: Пропорције великих интервала античке музичке лествице које су уочене у размеравању Цркве манастира Љубостиње

Однос	Интервал	Рачунска вредност	Измерена вредност
АО : АВ	Квинта, 2:3	0,67	0,67
СО : CD	Октава, 1:2	0,5	0,5
ЕО : EF	Октава, 1:2	0,5	0,5
ОG : ОН	Кварта, 3:4	0,75	0,75



Слика 74: Пропорционисање према принципима квадратуре приказано на попречном пресеку (горе), и основи (доле) Цркве манастира Љубостиње

5.3.5 Црква Свете Тројице, манастир Ресава

Манастир Ресава⁹⁷ последња је велика задужбина средњовековне Србије. Подигао ју је деспот Стефан Лазаревић, као своју гробну цркву. Истраживања указују на могућност да је деспот своју гробну цркву подигао на месту неког старијег светилишта (Тодић 1995, 25), односно да је обновио манастир Ресаву у периоду између 1407. и 1418. године. Константин Филозоф, биограф Стефана Лазаревића, писао је о деспотовом тражењу доброг места за подизање манастира:

„...обилазаше горе и поља и пустиње тражећи где би могао подићи жељену обитељ, стан за ћутање. Нашавши најприкладније и најбоље (место) где је требало бити дом (црква), помоливши се приступи делу, и положи основ у име Свете Тројице, сведржавнога божанства (...) сврши се и украси се дом (црква) и град окол, изванредни станови за општежиће.” (Филозоф 1936, 87)



Слика 75: Југозападни поглед на Цркву Свете Тројице манастира Ресаве

⁹⁷ Манастир Ресава познат је још и под именом Манасија. Најстарији помен имена Манасија датира из 1736. године (Тодић 1995, 23).

Манастир Ресава подигнут је у близини данашњег Деспотовца, на окуци у долини реке Ресаве на надморској висини од 222 m. Хидролошку карактеристику овог подручја чини река Ресава и њена клисура. Затворен са свих страна планинским венцима, манастир Ресава има југоисточну експозицију. Са севера су стрме планине Маћије, док источну и јужну страну манастира заклањају обронци Великог Пасторка. Једино нешто отворенија страна је западна, на којој тече река Ресава. Манастир Ресава представља завршну етапу преласка са градње ниских зидова са једном кулом око градова и манастира подизаних током XIV и ранијих векова. Утврђење манастира Ресаве успоставило је одбрамбени систем високих бедема са више кула, опасан дубоким ровом ширине 17 m (Тодић 1995, 25).

Ресава је била „*центар највећих културних манифестација тог времена*“ (Вуловић 1966, 22). Константин Филозоф написао је да је Стефан још као дете, гледајући у цркву, задужбину кнеза Лазара, говорио: „*Већу и лепшу ја ћу подићи...*“ (Филозоф 1936, 63). Он је такође описао и атмосферу која је владала на двору деспота Стефана. Из наредног одломка, јасан је значај звука, односно тишине која је била захтевана и високо цењена на двору, а сходно томе вероватно и у самом манастиру:

„...Вика или лупање ногама, или смех, или неспретна одећа није се смела ни поменути, а сви беху обучени у светле одеће које је раздавао сам он. И у сваком царском уставу, сијаху царске палате.“ (Филозоф 1936)

Црква манастира Ресаве сјединила је најважније одлике старих маузолеја Немањића и кнеза Лазара (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 158). Узорни модел за пројектовање конструкције и просторног решења цркве у Ресави била је Раваничка црква. Петокуполна црква има триконхалну основу комбиновану са развијеним уписаним крстом. Унутрашњи простор састоји се из припрате и наоса. За разлику од Раванице, припрата у Ресави подигнута је истовремено са црквом, и то као затворена грађевина која обликовно подржава целокупни концепт цркве (Тодић 1995, 46). Одлука о зидању припрате донесена је убрзо

по постављању темеља цркве, те је она подигнута истовремено са црквом. Припрата има облик уписаног крста, са куполом која лежи на четири стуба кружног пресека, без колонета. Данас је остао оригиналан само северни улаз припрате. Наос и припрата повезани су са двоја врата. Главна врата су у централној зони западног зида наоса, а мања врата се налазе ближе северном зиду. Такође се два улаза у наос налазе и у северној и јужној конхи.



Слика 76: Унутрашњост Цркве манастира Ресаве – поглед из северне певнице ка северној певници и вратима која воде у припрату (лево) и поглед из исте позиције само према горе (десно)



Слика 77: Унутрашњост Цркве манастира Ресаве – поглед из јужне певнице ка иконостасу и северној певници



Слика 78: Унутрашњост Цркве манастира Ресаве – поглед ка куполи

Градитељ Ресаве свакако је помно проучио пример Раваничке цркве, те је тежио да све конструктивне мањкавости прочисти и добије једноставно и чисто просторно решење. Димензије наоса значајно премашују Раваничку цркву – наос је 22 x 14,3 m и висине кубета 25,6 m. Средишње кубе је дванаестострано и лежи на пресеку кракова крста, на четири ступца која имају стопу, венац и по четири колонете, постављене дијагонално. Такође, уочљива разлика у дужини западног и источног травеја у подужној оси цркве, у Ресави је ублажена и сведена на приближно исту дужину. Тамбур куполе је истог пречника и висине (4,85 m). Тамбур је са унутрашње стране полукружан, а са спољашње дванаестостран, при чему је на свакој страни узак и висок прозорски отвор. У угловима наоса налазе се још четири мале куполе. Оне су ослоњене на зидове и полуобличасте сводове угаоних травеја. Сматра се да су изведене искључиво из декоративних разлога (Тодић 1995, 39). Њихова ширина је 1,36 m, а висина 4,40 m. Тамбури су им споља осмострани, а изнутра кружни.

Олтарска апсида широка је колико и бочне. Све три конхе су споља петостране, а изнутра полукружне. У поређењу са Раваницом, примереније је решена позиција протезиса и ђаконикона. У случају Раванице, њихове апсиде су благо смакнуте са подужних оса бочних травеја, те су приближене олтарској апсиди. Са унутрашње стране су полукружне а са спољне тростране, што је довело до значајног искошавања отвора на апсиди како би се поставила на центаралну страницу спољног трапеза (Слика 58). Овакве деформације избегнуте су у Ресави. Друга значајна разлика је у конструкцији која подупире мале куполе у угловима. У Раваници мале куполе се ослањају на бочне зидове и широке подужне лукове, и приметно се шире преко њих. За разлику од тога, у Ресави су куполе знатно уже, са једноставнијем решењем конструкције.

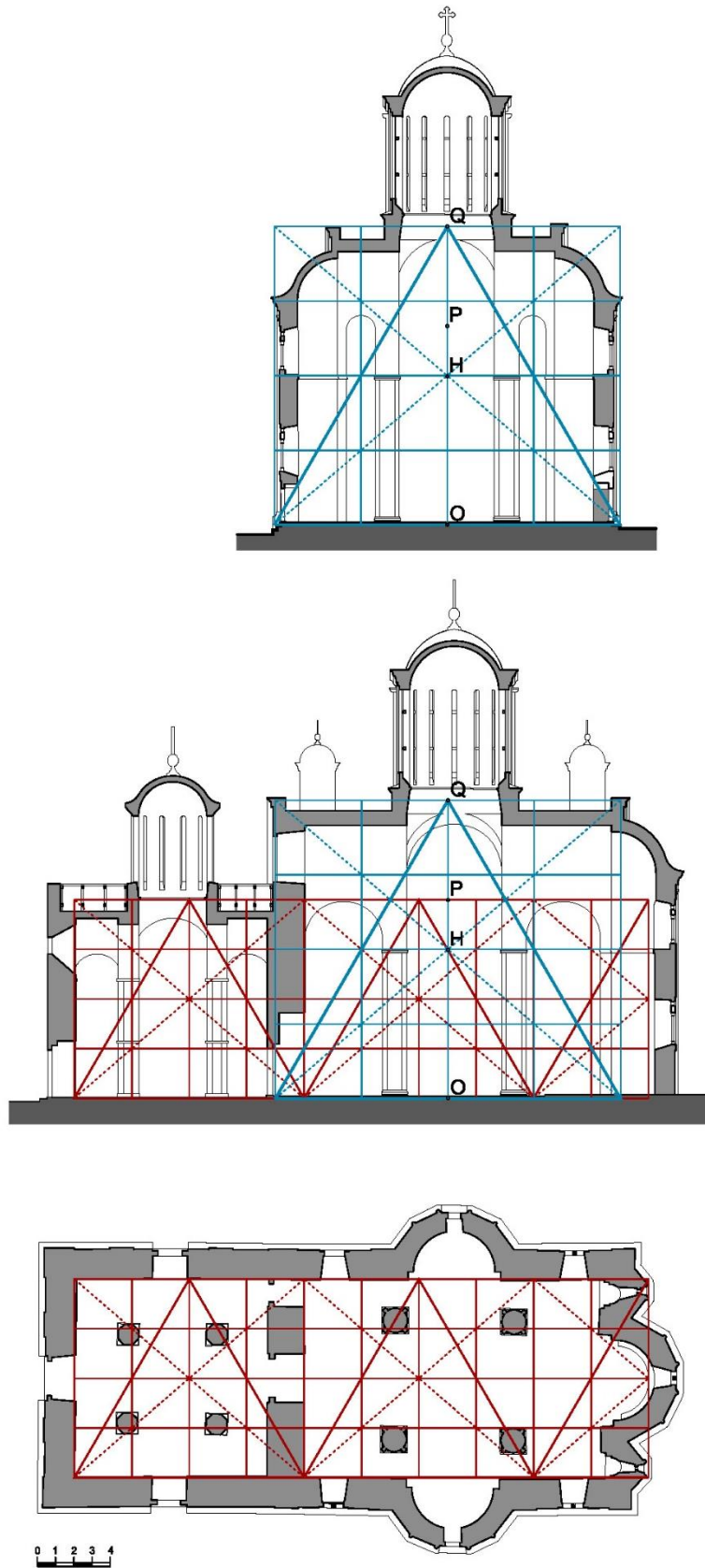
Централно кубе конструисано је на коцкастом постољу, а мања кубета на надвишеним постољима. Простор је добро осветљен са дванаест великих прозорских отвора, дванаест отвора у великој куполи и осам отвора у свакој од малих купола. Унутрашње решење конструкције одражава се у обликовању фасада. Црква је изнутра зидана притесаним каменом уз употребу опеке, а фасаде правилно тесаним квадерима жућкастог пешчара (Ристић 1996, 227). Фасаде нису полихромне и немају уобичајене пластичне украсе моравске стилске групе, већ кровни венац од аркадица на конзолама као код рашких споменика. У припрати је богато израђен под од разнобојног камена, а црква је живописана раскошним фрескама. Дероко каже да је ова црква „необично високих пропорција“, а тамбури кубета представљају најуже и највише примере у целокупној средњовековној српској архитектури (Дероко 1962, 202).

„Ресава је оличење лепоте коју су истицали најобразованији људи са почетка XV века када су висина и лепота камена цењене као најважније одлике здања.“ (Ђурић & Бабић-Ђорђевић 1997, 156)

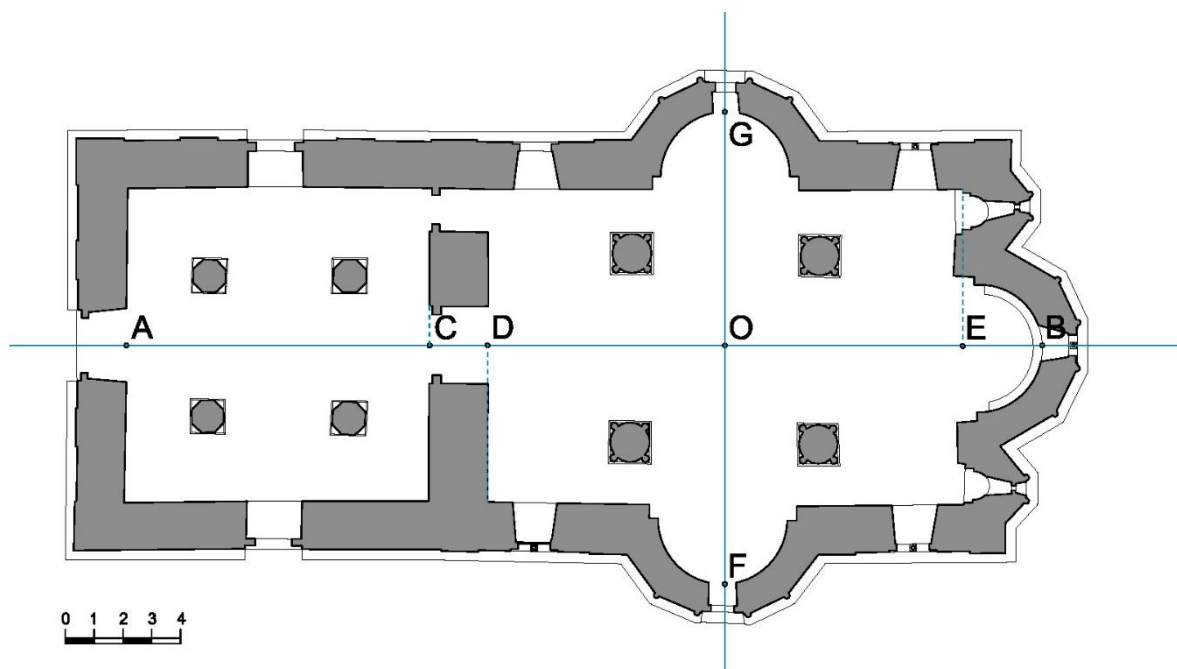
Приликом првог пада Србије, 1439. године султан Мурат заузео је Смедерево и манастир Ресаву. Приликом турског похода на Београд 1456. године, Ресава је страдала у пожару, а две године касније без борбе је предана Махмут-паши Анђеловићу (Тодић 1995, 21). Веће разарање манастирска црква

дoживeлa je y XVIII вeкy, кaдa je припрaтa рaзoрeнa y експлoзији бaрyтa кoји je y њoј склaдиштилa aустријскa вoјскa. Припрaтa je oбнoвљeнa 1735. гoдинe. Нa oснoвy извeштajа кoмисије кoју je 1839. гoдинe oбрaзoвao кнeз Милoш Oбрeнoвић дa oбиђе мaнaстирe пo Србији, Министaрствo прoсвeтe oргaнизовaлo je 1844. гoдинe oбнoвy Рeсaвe. Тo je билa мeђy првим прирeнaмa кoнзeрвaтoрских мeтoдa кoд нaс. Слeдeћи кoнзeрвaтoрски рaдoви oтпoчeли су 1956. гoдинe и сa прeкидимa трaју дo дaнaс (Тoдић 1995, 23).

Нa слици 79 прикaзaнo je мoгуће рaзмeрaвaње црквe прeмa принципимa тријaнгyлатурe. У oснoви (цртeж дoлe) yчaвa сe дa je висинa пoлaзнoг трoуглa јeднaкa ширини нaосa и припрaтe, a стрaницa je дyжинe oд yнyтрaшњe стрaнe зaпaднoг зидa припрaтe дo yнyтрaшњe стрaнe зaпaднoг зидa нaосa. Истa гeoмeтријскa сликa црвeнoг трoуглa нa пoдyжнoм прeсeкy прeклoпљeнa je сa сликoм плaвoг трoуглa чијa je дyжинa стрaницe јeднaкa ширини нaосa – рaздaљинa тeмeнa сeврeнe и јyжнe aпсидe. Срeдишњa тaчкa плaвoг рaзмeрнoг трoуглa дaје висинy вeнцa и дoњу линијy другoг рeдa прoзoрских oтвoрa. Висинa црвeнoг трoуглa oдрeђyje висинy лyкoвa кa сeврeним, oднoснo јyжним трaвeјимa нaосa. Oднoс висинa црвeнoг и плaвoг трoуглa стoји y срaзмeри 2:3. Oвaј oднoс oдгoвaрa тoнскoм интeрвaлy квинтe. Oстaлe тaчкe зa aнaлизy мoгућнoсти прирeнe мyзичкe aнaлoгије прикaзaн je нa слици 80, a oдгoвaрaјући oднoси прикaзaни су y тaбeли 14. Учeнo je дa сe кoд Црквe мaнaстирa Рeсaвe јaвљaју oднoси квинтe и oктaвe.



Слика 79: Пропорционисање према принципима тријангулатуре приказано на попречном пресеку (горе), подужном пресеку (у средини) и основи (доле) Цркве манастира Ресаве



Слика 80: Основа Цркве манастира Ресаве са обележеним тачкама за анализу пропорција према музичкој аналогији

Табела 14: Пропорције великих интервала античке музичке лествице које су уочене у размеравању Цркве манастира Ресаве

Однос	Интервал	Рачунска вредност	Измерена вредност
CB : AB	Квинта, 2:3	0,67	0,67
DO : DE	Октава, 1:2	0,5	0,5
FO : FG	Октава, 1:2	0,5	0,5
OH : OQ	Октава, 1:2	0,5	0,5
OP : PQ	Квинта, 2:3	0,67	0,67

5.3.6 Црква Светог Николе Мираклијског, манастир Павловац

Писмо деспота Стефана Лазаревића упућено Дубровчкој републици 21. новембра 1424. године јесте најстарији писани документ у коме се помиње манастир Павловац. Поред тога што говори о могућности да је у том периоду деспот боравио у манастиру, на основу поменутог писма такође се сматра да је деспот ктитор овог манастира (Ристић 1996, 199), за који се верује да је подигнут на старијем сакралном месту (Мојсилевић 1981), између 1410. и 1425. године. Манастир Павловац налази се на југоисточним обронцима планине Космај, у атару села Кораћице, на заравни изнад источне обале Тихановачког потока.



Слика 81: Североисточни поглед на Цркву Светог Николе Мираклијског манастира Павловца

Црква Светог Николе је триконхосне основе, варијанте сажетог уписаног крста. За разлику од осталих цркава које су разматране у аналошком језгру студије, ова црква нема сачувану припрату, за коју се пак зна да је једновремено грађена са црквом. Црква је скромних димензија – око 10,5 m x 7,5 m. На пресеку кракова крста налази се купола. Пиластри, прислоњени уз подужне зидове наоса, подупиру лукове између којих су пандантифи као

прелаз са квадратне на кружну основу тамбура. Изнад споља осмостраног, а изнутра цилиндричног тамбура постављена је купола. Бочне конхе споља су петостране, а са унутрашње стране полукружне. Олтарска апсида је и са спољашње и са унутрашње стране полукружна. Једини улаз у цркву је са западне стране из данас порушене припрате. Претпоставља се да је припрата била засведена крстастим или полуобличастим сводом (Татић 1929, 260).



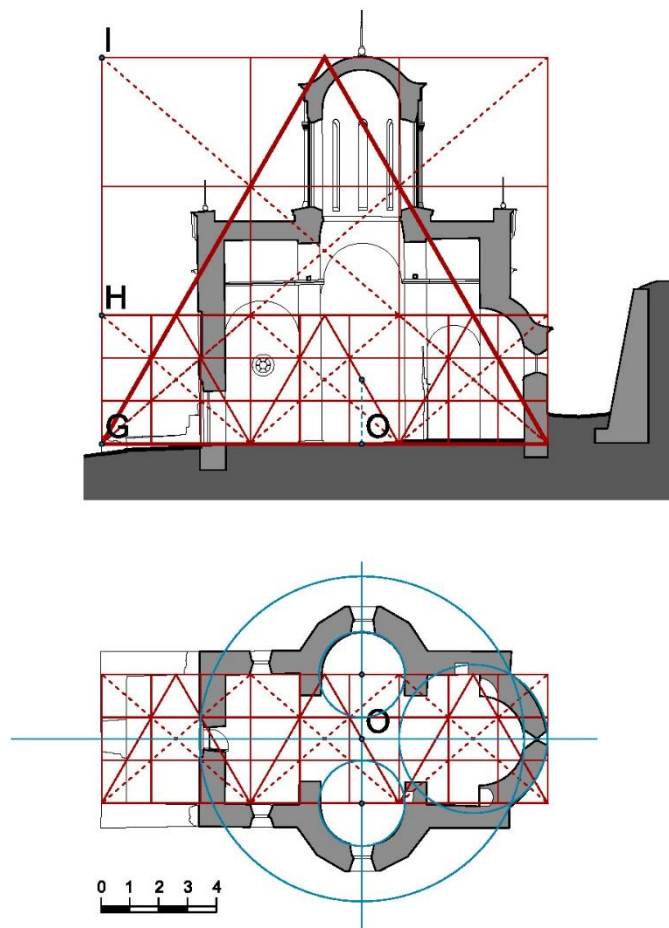
Слика 82: Унутрашњост Цркве манастира Павловца – поглед ка иконостасу и олтарској апсиди



Слика 83: Унутрашњост Цркве манастира Павловца – поглед ка куполи

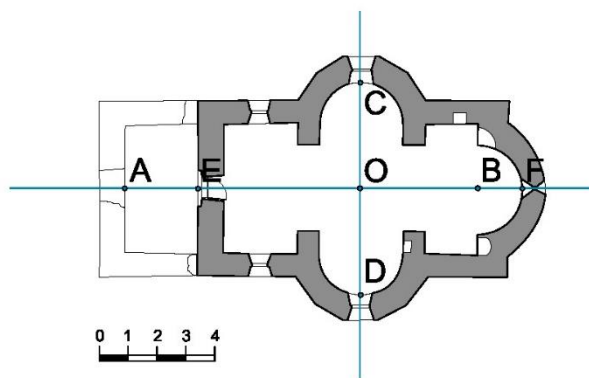
Црква је зидана од тесаног камена. На каменим фасадама округли отвори – окулуси (који су можда некада били розете), спуштени су на висину која је била уобичајена за једноделне прозоре или бифоре (Ристић 1996, 199). Скулпторални украси су малобројни, сведени на плитке розете на надвратнику. По том одсуству декорација на фасади, Црква манастира Павловца доста подсећа на Цркву манастира Ресаве.

Након Велике сеобе 1690. године манастир је запустео. Код Жарка Татића у делу *Трагом велике прошлости* из 1929. године могу се видети фотографије у великој мери разрушене цркве (Татић 1929, 260).



Слика 84: Пропорционисање према принципима тријангулатуре приказано на подужном пресеку (горе) и основи (доле) Цркве манастира Павловца

Анализа пропорција Цркве манастира Павловац указала је на могућност коришћења тријангулаторног система размеравања. На слици 84 показано је да је основу могуће размерити помоћу три једнакостранична троугла чија висина одговара ширини припрате и наоса, а да је укупна висина цркве трострука вредност висине троугла. То се јасно може уочити на пресеку (Слика 84 горе). Такође се уочава да висине малог и великог троугла стоје у односу који одговара музичком интервалу квинте, односно 2:3. Остали велики интервали који се могу очитати са објекта представљени су у табели 15, а тачке су означене на слици 85.



Слика 85: Основа Цркве манастира Павловац са обележеним тачкама за анализу пропорција према музичкој аналогији

Табела 15: Пропорције великих интервала античке музичке лествице које су уочене у размеравању Цркве манастира Павловац

Однос	Интервал	Рачунска вредност	Измерена вредност
АО : АВ	Квинта, 2:3	0,67	0,67
СО : СD	Октава, 1:2	0,5	0,5
ЕО : ЕF	Октава, 1:2	0,5	0,5
HI : GI	Квинта, 2:3	0,67	0,67

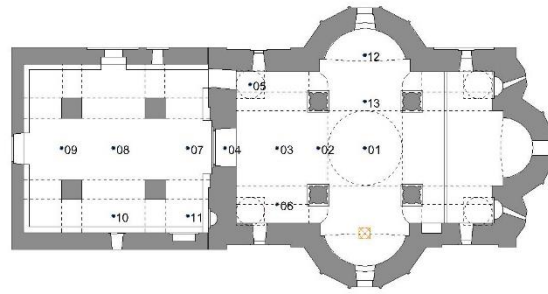
5.4 Акустичка мерења *in situ*

Циљ анализе акустичких параметара, добијених мерењима *in situ*, јесте да се, кроз боље упознавање акустичке димензије сакралних простора моравске стилске групе, ближе спознају нематеријалне вредности архитектонског наслеђа. Намера је да се утврди постоји ли извесни акустички тренд који би се могао сматрати својственим за градитељство моравског периода средњовековне сакралне архитектуре у Србији. Мерењем импулсног одзива црквених простора добијене су бројне вредности за акустичке параметаре, те је тако однос између архитектуре цркава моравског типа средњовековне Србије, литургијске праксе и акустике добио још један основ за поређење и разматрање.

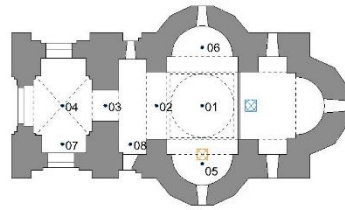
5.4.1 Методологија

У шест цркава моравске стилске групе, које чине аналошко језгро ове студије случаја, извршена су *in situ* акустичка мерења, односно мерења импулсног одзива цркве за различите позиције извора и пријемника. У раду је коришћена методологија мерења на бази побуде *sine sweep* сигналом у опсегу од 20 Hz до 20 kHz. Коришћен је софтвер EASERA и следећа опрема: лаптоп рачунар *Fujitsu LIFEBOOK E Series*, звучна карта *Digidesign Mbox2 mini*, активни звучник *dB Opera 110* и омнидирекциони микрофон *Behringer ECM 8000*. Избор места са којих је побуђиван простор цркве изабран је у складу са одликама православне верске службе. Позиције пријемних тачака изабране су тако да се покрију све површине на којима се налазе верници (слушаоци) током службе. У свакој од цркава мерења су извршена за две позиције извора звука: (1) у олтару, и (2) у јужној певници. Број мерних места одређен је величином цркве, те је највећи број 12 у црквама манастира Раванице и Љубостиње, а најмањи је 5 у Цркви манастира Павловца (Слика 86). Микрофон је постављен на сталак, на висину од 180 cm.

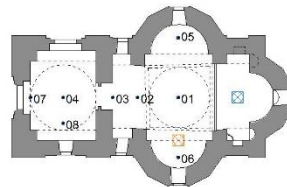
Црква манастира Раванице



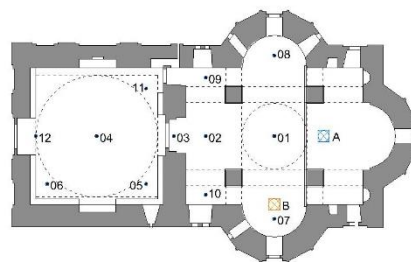
Црква Лазарица



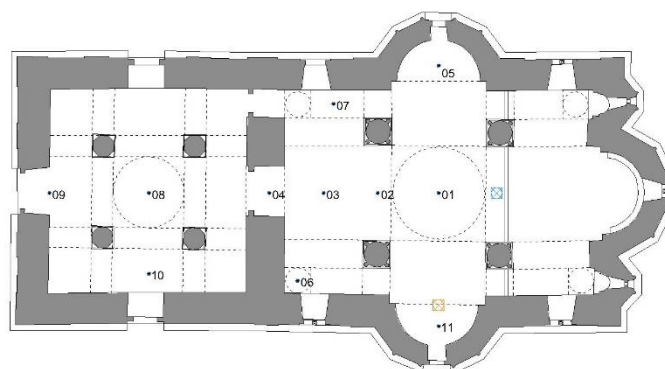
Црква манастира Наупаре



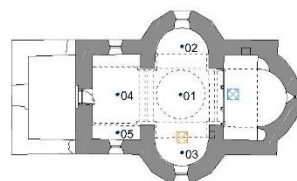
Црква манастира Љубостиње



Црква манастира Ресаве



Црква манастира Павловца



Слика 86: Основе цркава са означеним мерним тачкама и позицијама звучног извора

5.4.2 Резултати и дискусија

У поглављу 3.5 појашњено је шта је импулсни одзив и на који начин из њега генерисани акустички параметри квантификују акустичке квалитете простора. Акустички одговор простора цркве дефинисан је њеном запремином, геометријом унутрашњег простора и ентеријерским завршним обрадама површина (Мијић & Šumarac-Pavlović 2004). Просторије се у смислу акустичких одлика могу грубо поделити на две категорије: (1) просторије у којима се као изражајно средство користи говор, те је од посебног значаја разумљивост говора, и (2) просторије у којима је музика изражајно средство, па је важна естетика звучне слике и параметри који описују фине детаље звука. Иако су простори за верске службе последњих деценија били чест предмет истраживања (Martellotta et al. 2008; Elicio & Martellotta 2015; Alvarez-Morales & Martellotta 2015; Мијић 2000; Zamarreño et al. 2008; Desarnaulds & Carvalho 2002), нису установљени јасни критеријуми за пожељне акустичке одлике верских објеката, односно да ли је у њима говор доминантно изражајно средство, те је његову разумљивост потребно анализирати, или је пак важан музички садржај који ваља посматрати из угла естетских категорија. Дакле, поставља се питање да ли је важно очувати у потпуности разумљивост говора или је довољан само звучни ефекат?

Како је показано у поглављу 5.2.2, у Православној цркви најзначајнији чин је богослужење, а у оквиру њега су проповед и појање подједнако важни. Након читања Светог писма које треба да буде јасно и разговетно, уобичајно следи проповед као наставак Христове поуке (Мирковић 1965, 294). Литургичко појање јесте молитва, схваћена као побожни разговор са Богом, која је исказана кроз песму и музику. Дозвољено је искључиво једногласно појање, неизоставно повезано са текстом, при чему је суштина богослужења у томе да се тај текст разуме. Према традицији, појање се изводи из северне и јужне апсиде, односно певнице. Услед недостатка певача или литургијских књига, северни хор је у новије време премештен у јужну певницу (Стефановић 1975, 14), из које се такође данас повремено читају јеванђеља и говори јектеније. Стога је од изузетног значаја разумљивост и јасност излагања како

говорног тако и певаног текста (Мирковић 1965; Перковић-Радак 2007а). Такође треба имати у виду да верни током православног богослужења стоје усправно, лицима окренутим ка истоку, односно олтару.

У анализи импулсног одзива одабраних цркава моравске стилске групе посматрано је следећих пет акустичких параметара: (1) Време реверберације T30, (2) Почетно време реверберације EDT (*Early Decay Time*), (3) Дефинисаност D50 (*Definition*), (4) Јасност C80 (*Clarity*), и (5) Индекс преноса говора STI (*Speech Transmission Index*).

Глобалне акустичке карактеристике просторије посматрају се на основу времена реверберације, које представља време за које ниво акустичке енергије у просторији опадне за 60 dB након што престане побуда. Стандардна ознака за овако дефинисано време реверберације је T60. У пракси се такође користе и времена реверберације означена са T10, T15, T20 или T30, при чему број у индексу представља величину опсега опадања израженог у децибелима. Време реверберације одређено је макро и микро геометријском структуром простора као и апсорпционим карактеристикама завршних материјала унутрашњих зидова и предмета који се налазе у простору. Време реверберације је глобална карактеристика која се не мења много са променом позиције извора и пријемника. С обзиром да се време реверберације релативно лако може мерити, постоји обимна база података вредности овог параметра које омогућавају важна поређења. Тако је показано да слични типови простора који имају добру акустичку репутацију конзистентно имају време реверберације на средњим фреквенцијама у релативно уском опсегу вредности. Међутим, недостаци овог параметра су да се почетни део импулсног одзива уопште не узима у обзир, а да он носи важне информације о акустичком простору. Из тог разлога уведен је параметар EDT (*Early Decay Time*), односно почетно време реверберације. Као и време реверберације, и овај параметар се одређује на основу стрмине криве опадања, али у опсегу од почетних 10 dB. Параметар EDT има значајнију улогу у субјективном доживљају реверберантности простора, док је време реверберације више везано за физичка својства простора (Novković 2009).

Осим времена реверберације посматрају се још и параметри који се добијају одговарајућим прорачунима из импулсног одзива. Енергетско-временски акустички параметри, попут C80 (*Clarity*) и D50 (*Definition*), пружају јаснији увид у временску расподелу акустичке енергије. Ови параметри повезани су са опажањем јасноће, дефинисаности и баланса између почетних делова импулсног одзива и реверберантности, као и са разумљивошћу говора (Novković 2009). Параметар C80 показује јасност и прецизност пријема звучних информација. Он се изражава у dB и представља релативан однос енергије импулсног одзива који стиже у првих 80 ms у односу на енергију која стиже након 80 ms. Вредност од 80 ms усвојена је у теорији за анализу акустичких карактеристика превасходно за музичке намене и усклађена је са особиним чула слуха и начином опажања и природе музичких сигнала.

Индекс преноса говора STI (*Speech Transmission Index*) представља меру прецизности пренетих звучних информација и директно је корелисан са разумљивошћу говора. Његова вредност је између 0 и 1, а прихватљива разумљивост говора је када је $STI \geq 0,45$.

Позиције извора звука приликом анализе акустичких карактеристика црквених простора изабране су да одговарају позицијама свештеника у различитим фазама верске службе – једна је у олтару, а друга у јужној певници. Када се свештеник налази у олтару, окренут леђима верницима, од којих га при томе дели делимично затворена олтарска преграда, онда до њих звучна информација неће стизати доминантно директном путањом већ посредством звучног поља које се формира у простору цркве. Тиме се, са једне стране, смањује разумљивост говора, а са друге стране, губи се прецизност одређивања тачног места звучног извора. У свих шест анализираних цркава купола се налази на пресеку оса, односно кракова сажетог или развијеног уписаног крста. Овако централно постављена купола представља акустички спрегнут простор са великом реверберацијом. Услед тога, слушаоци у простору наоса добијају утисак да звук долази одозго чиме се додатно повећава мистичност обредне службе. Када је извор звука у јужној певници

тада за већину позиција слушаоца постоји директна оптичка видљивост чиме се у извесном смислу повећава разумљивост говора.

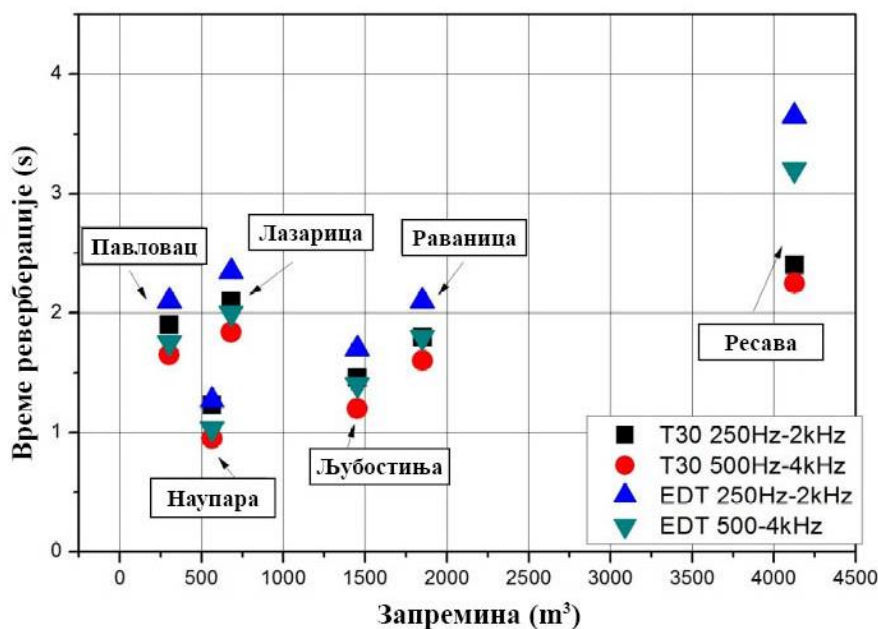


График 6: Измерене вредности времена реверберације T30 и EDT

На графику 6 приказане су вредности времена реверберације T30 за опсег од 250 Hz до 2 kHz и T30 за опсег од 500 Hz до 4 kHz, као и вредности параметра EDT за исте опсеге. Вредности времена реверберације показују тренд пораста са повећањем запремине, који је у складу са теоријски очекиваним вредностима. Од тренда одступају само Црква Павловац и Црква Лазарица које су по запремини веома мале, али имају веће вредности времена реверберације због веома мале апсорпције унутрашњих површина. Овакво одступање последица је конзерваторских радова који нису обухватили живописање црква, већ је читав површина унутрашњих зидова покривена малтером са крупном гранулацијом, како би се добио рустичан изглед. У Лазарици је такође постављен потпуно нов под од углачаних, ласерски сечених камених плоча, што доприноси повећању реверберантности простора. Оно што је карактеристично за све посматране цркве јесте да су вредности параметра

EDT веће од Т30, што значи да, и поред релативно великих вредности времена реверберација за дате запремине, субјективни доживљај реверберантности простора још је већи. Примера ради, оптималне вредности времена реверберације за просторије у којима се остварује задовољавајућа раумљивост говора крећу се од 0,5 до 0,7 s, док се жељена естетика звучне слике концертне сале постиже са временом реверберације од 2 секунде. С обзиром да се у црквеним просторима не примењују додане мере за контролу акустичког одзива, можемо сматрати да су оптималне величине црквених простора у распону од 1500 до 2000 m³ са аспекта акустичких карактеристика.

На графику 7 приказане су измерене вредности STI – индекса преноса говора – за простор наоса, и то у зависности од растојања мерног места од извора звука. На графику се уочава да се за све цркве, без обзира на њихову величину, вредности параметра STI крећу око $0,5 \pm 0,1$ и да благо опадају са растојањем од извора звука. Као последица мале апсорпције зидова у простору цркве, успоставља се веома хомогено реверберантно поље значајно јаче од директног звука. Последице тога су релативно униформне вредности параметара STI по простору наоса. У простору припрате, где не постоји оптичка видљивост ка извору звука, вредности параметра STI су ниже, али не мање од 0,4. Њихове вредности су за различите позиције приказане на графику 8.

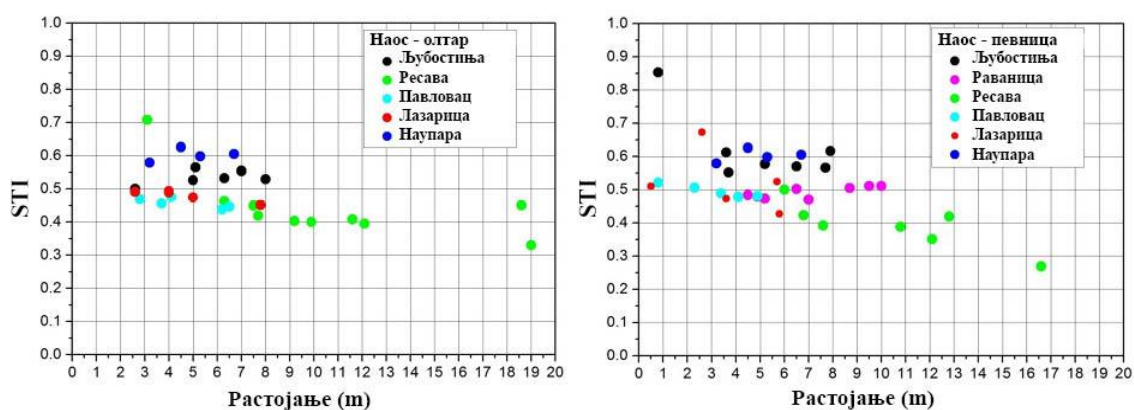


График 7: Вредности параметра STI на различитим позицијама у простору наоса за побуду у олтару (лево) и за побуду у јужној певници (десно)

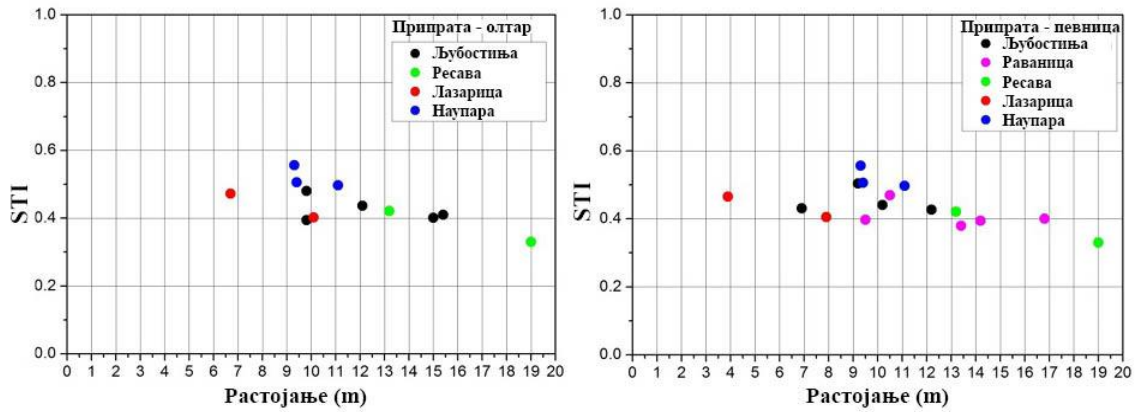


График 8: Вредности параметра STI на различитим позицијама у простору припрате за побуду у олтару (лево) и за побуду у јужној певници (десно)

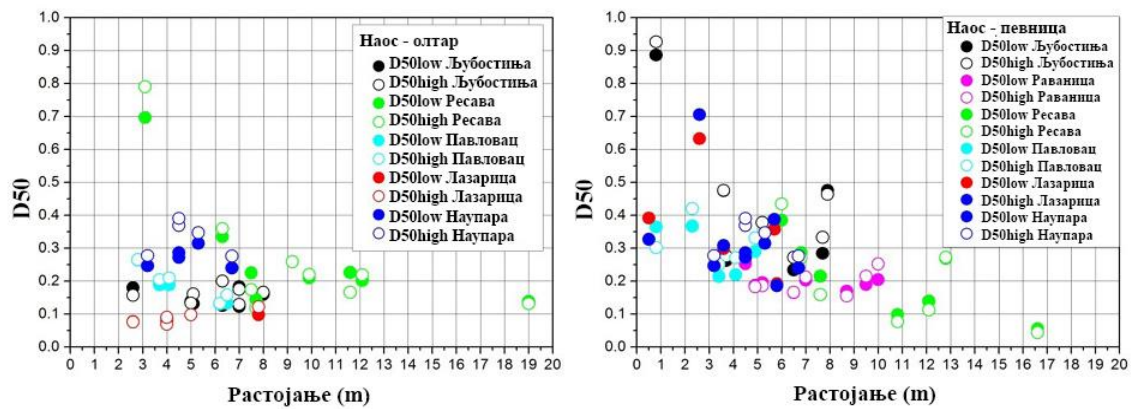


График 9: Вредности параметра D50 на различитим позицијама у простору наоса за побуду у олтару (лево) и за побуду у јужној певници (десно)

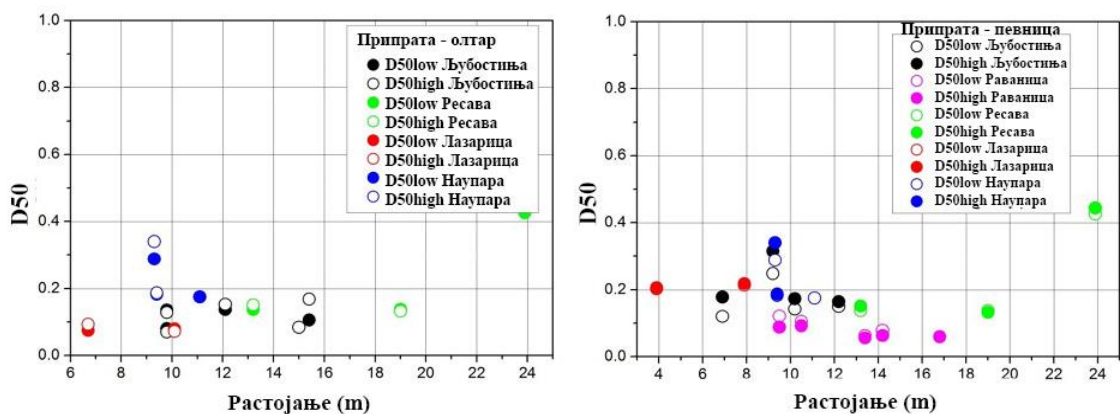


График 10: Вредности параметра D50 на различитим позицијама у простору припрате за побуду у олтару (лево) и за побуду у јужној певници (десно)

Прецизност пријема звучних информација вреднује се и преко параметра дефинисаности D50. За све анализирани позиције вредности овог параметра приказане су за простор наоса на графику 9 за побуду у олтарском простору и на позицији певнице. Вредности опадају са удаљавањем од извора звука и крећу се од 0,4 на мањим растојањима до 0,1 на удаљеним позицијама. Ове релативно мале вредности указују на доминантност реверберантног звука у опажању. Са аспекта разумљивости и прецизности примљених информација, мале вредности параметра D50 нису пожељне. Међутим, у унутрашњим просторима црква оне подстичу осећај заједништва међу верницима, те имају извештан симболични значај. Услед непостојања доминантно израженог директног звука, код слушалаца се ствара осећај да не постоји јединствен звучни извор, већ да звук долази са свих страна, из целокупног простора.

На свим позицијама у припратама истраживаних црква, параметар D50 има јако мале вредности. Звук који у припрату допева настао је спрегом простора наоса и простора припрате кроз отворе врата релативно малог попречног пресека. То је разлог због кога су вредности D50 јако мале и показују да на месту пријема звук стиже развучен у времену. Последица тога је и мања разумљивост говора у простору припрате, што је на неки начин у складу са улогом припрате у верском обреду.

У простору наоса са побудом иза олтарске преграде вредности се крећу за већину црква у зони око $-3 \pm 3\text{dB}$. Вредност од -3 dB означава ситуацију у којој трећина укупне енергије имулсног одзива стиже у првих 80 ms, док две трећине укупне енергије стиже након тог временског периода. Од те вредности одступају Цркве манастира Павловца и Наупаре код којих су вредности мање, док су код Цркве Лазарице, због великог времена реверберације (који је несразмеран њеној запремини), вредности знатно ниже. У случају побуде на месту певнице вредности параметра C80 се померају ка 0 dB, што говори о уједначености енергије која стиже у првих 80 ms у односу на енергију која стиже након тог периода, што омогућава прецизнији пријем звучних информација.

Као и у случају параметра D50 и параметар C80 показује мање вредности у простору приправе чак и у црквама мањих запремина, што говори о томе да звучна енергије дуго и развучено у времену стиже на место пријема.

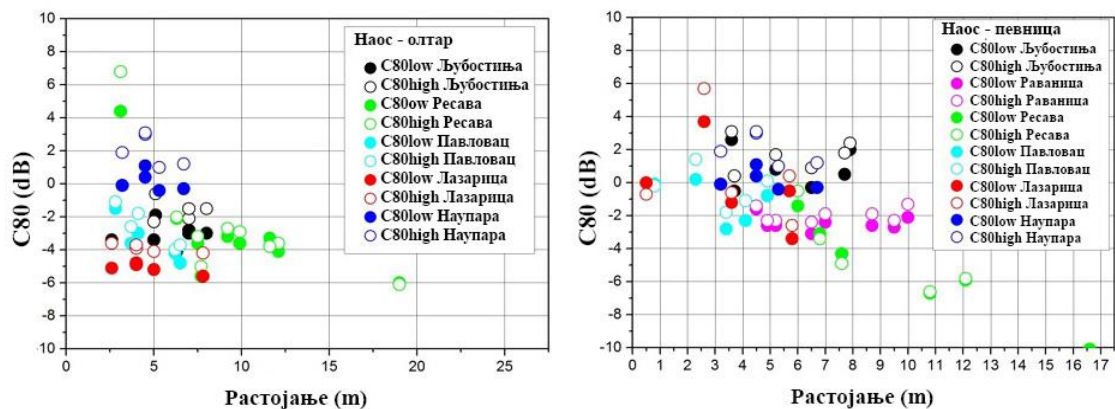


График 11: Вредности параметра C80 на различитим позицијама у простору наоса за побуду у олтару (лево) и за побуду у јужној певници (десно)

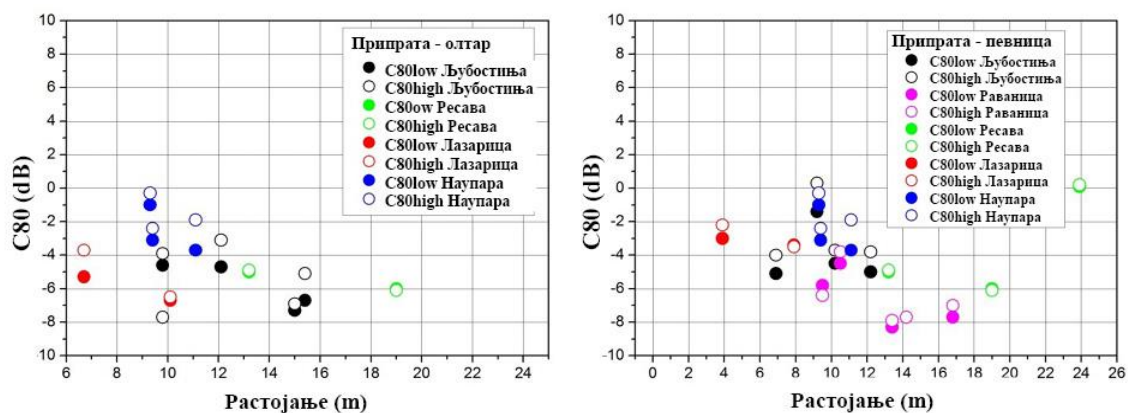


График 12: Вредности параметра C80 на различитим позицијама у простору приправе за побуду у олтару (лево) и за побуду у јужној певници (десно)

5.5 Закључне напомене

Кроз мултидисциплинаран приступ истраживању у оквиру студије случаја разматран је однос звука и архитектуре у црквама моравске стилске групе (1371–1459). С обзиром да је претходно показано да је античка природно-филозофска мисао баштињена у српској култури, у студији се, према Витрувијевим препорукама, најпре пошло од истраживања основа по коме су одабирана места за подизање манастира у средњовековној Србији. Поред општег убеђења људи средњовековне Европе „*да гледање управља рађањем љубави и храни је*“ (Dibi 2007, 83, 313), житијеписци средњовековне Србије посведочили су да је и доживљај звука имао суштински значај. Тако је Теодосије описивао монахе Свете Горе који су „*шумом дрвећа и птичјим црквотом подучавани*“ (Теодосије 2009, 15). Одабирана добра места, та „*пуста ловишта зверова*“ (Мирковић 1939), за која је јасно да нису „*ништа друго до дом Божији*“ (Цамблак 1936, 22), имала су за циљ да кроз истицање снажног односа са природом остваре утисак *неба на земљи* (Теодосије 2009, 82).

Архитектура средњовековних цркава изражавала је разумевање света и вечних вредности, али је такође представљала и највиши градитељски домет средине и времена у коме су подизане (Мојсиловић 1981). Средњовековне српске цркве носиле су обележја како византијске тако и западноевропске културе (Ђурић 1967). Међутим, еснафска правила прописивала су да принципи градитељства остану у тајности и то под претњом искључења из звања или еснафске ложе. Услед малог броја писаних трагова о тајнама заната, о средњовековном градитељству и вештинама оновремених градитеља сазнајемо само посредно, путем истраживања очуваних здања. О важности звука у сакралном градитељству средњовековне Србије сведоче и налази акустичких судова. Узиђивање керамичких судова у масивне зидове цркава била је уобичајена пракса на подручју читаве Европе. Иако су пронађени у свим стилским групама средњовековне Србије, претпоставља се да их има много више, те да је велики број отвора замалтерисан услед непознавања или негирања сврхе ових судова.

Аналошко језгро студије чини шест цркава моравске стилске групе. С обзиром да је основно математичко средство при пројектовању била геометријска пропорција, те да је претходно показано да су природно-филозофска и геометријска знања антике уграђена у градитељско наслеђе средњовековне Србије, на одабраним споменицима рађена је пропорцијска анализа. Пропорцијска шема основе објеката „*добила се углавном шестаром, употребом дужинске мере као јединице, у простору се одмеравала бројевима прогресије*“ (Vasiljević 1956). У Табели 16 приказана су геометријска својства анализираних објеката. Установљено је да размере свих анализираних објеката одговарају принципима квадратуре (\square) или тријангулатуре (Δ), али да се такође јављају и односи који одговарају великим музичким интервалима кварте 3:4 (IV), квинте 2:3 (V) и октаве 1:2 (VIII). Кроз пропорцијске анализе указано је на могућност коришћења различитих размера истих геометријских слика (приказаних у плавој и црвеној боји на цртежима у поглављу 5.3). Уочено је да код Љубостиње две пропорцијске слике квадрата стоје у размери интервала кварте, односно да им се странице односе 3:4, док код Ресаве и Павловца пропорцијске слике троугла стоје у односу квинте 2:3. Овакав вид размеравања налази потпору у Витрувијевом делу у коме он пише о *квадратима и троугловима кварте и квинте* (Vitruvije 2000, 17-8).

Табела 16: Геометријске одлике анализираних цркава

Црква	Година градње	Запремина [m ³]	P _{основе} [m ²]	H _{max} [m]	Пропорције	Муз. интервали
Манастира Раванице	1375 1377	1850	221	18,9	\square , Δ	V, VIII
Црква Лазарица	1377 1378	680	75	17,3	\square , Δ	V, VIII
Манастира Наупаре	1382	563	60	15,9	\square	IV, V, VIII
Манастира Љубостиње	1387	1452	140	17,7	\square	IV, V, VIII + IV
Манастира Ресаве	1407 1418	4125	328	25,6	Δ	V, VIII + V
Манастира Павловца	1410 1425	302	49	13,0	Δ	V, VIII + V

Са друге стране, однос звука и архитектуре испитиван је кроз анализу импулсног одзива који је добијен *in situ* мерењима у одабраним објектима различитих величина, запремина од 300 m³ до преко 4100 m³ (Табела 16). Полазећи од тога да су проповед и појање подједнако важни у богослужбеном чину Православне цркве, односно да је јасност и разумљивост говорног или певаног текста од великог значаја, одабрано је пет релевантних акустичких параметара чије су вредности даље поређене. У складу са теоријским очекивањима, установљено је да се време реверберације повећава са запремином црквеног простора, при чему је субјективан доживљај дојекивања још израженији. Разумљивост говора значајно је слабија у припрати него у наосу. Релативно ниске вредности параметра D50 нису пожељне са аспекта разумљивости говора, али на субјективном нивоу подстичу осећај заједништва међу присутнима на служби. С обзиром да не постоји доминантно изражен директан звук, стиче се утисак да звук долази са свих страна простора наоса, а посебно одозго услед централно постављеног кубета. Ове одлике акустичког поља доприносе осећају тајанствености и светости богослужбеног обреда.

ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

„Како ће реч бити прочитана, зависи само од онога који чита, колика је његова снага да хармонизује, да изгради мост између две речи, две области и две стварности.“ (Петровић 2005, 331)

Тумачење појава јесте непрестани ток стварања смисла. Спознаја и објашњење историје односа звука и архитектуре ослања се на постојану повезаност праксе, мита и логичког размишљања. Кроз историју, упориште се налазило у овим трима тачкама, које су једне над другима повремено преузимале предност. Сваки архитектонски простор има својствени акустички отисак. Осетљивост овог динамичног односа архитектуре и акустике утиче и на доживљај простора, јер ако се изузму акустичка својства, спознаја простора је непотпуна. Акустичке одлике простора боје звук и утичу на доживљај дешавања, уједињујући тако тело човека са окружењем. Од праисторије звук је био од суштинске важности у ритуалима и остваривању везе са оностраним, а у античким природно-филозофским разматрањима питагорејаца схватан је као спона душе и физичког света.

Полазна, а уједно и општа хипотеза у раду, да општи однос архитектуре и одлика звука не почива искључиво на техничком знању, већ да је развијан и у контексту културе и духа времена у коме је градитељство стварано, у потпуности је потврђена. Такође су потврђене и све четири посебне хипотезе. С обзиром да је европска култура поникла на темељима старе Грчке, било је потребно најпре испитати античке поставке схватања света. Целокупна стварност сагледана је као јединствена целина у оквиру које се пресликавају односи различитих видова стварности, испољавајући се такође и у различитим размерама. Свет се испољава, али такође и спознаје путем аналогија. Античка аналошка мисао баштињена је и у српској култури, те је дубоко уткана у стваралаштво мислилаца из различитих научних и уметничких области. У раду је показано да аналошка мисао прожима концепт *релативности* песника и филозофа Лазе Костића, затим да представља основ *феноменолошког пресликавања* које је развио математичар Михаило Петровић

Алас, али и да налази свој израз у *реципрочном залапчавању* пропорцијских слика по средњој геометријској пропорционали које је, како теоријски тако и практично, при пројектовању јавних објеката, развијао архитект Милан Злоковић. Ова три велика српска ствараоца у својим делима истраживали су и недвосмислено се позивали на античке узоре.

Хронолошко представљање историје разумевања звука које је утицало на архитектонску праксу, указало је на корелацију филозофско-научног мишљења о звуку са једне и градитељства са друге стране. Увидевши да постоји међузависност дужине затегнуте жице и музичког тона који се добија њеним окидањем, питагорејци су установили да се музички интервали могу изразити као односи целих бројева. Кроз ову аналогију, природно-филозофска разматрања хармоничног звука омогућила су да се музика разреши у математичким односима. Они су такође говорили о космичком значају музичких интервала и о музици сфера. С обзиром да је сакрална архитектура одувек представљала најузвишенији градитељски израз, кроз њу је изражавана вечна истина и божански поредак. Стога је посве логично било успостављање аналошког односа хармоничног звука и архитектуре. Бројевни односи својствени за музичке интервале питагорејске скале транспоновани су у размере архитектонских објеката. На тај начин, аналогија макрокосмос-микрокосмос непосредно је изражена у сакралној архитектури, као отеловљењу везе са Свевишњим. С обзиром да су све до периода новог века веома штуре писане препоруке за градитељску праксу, сазнања о примени музичке аналогије у архитектури можемо добити искључиво посредно, путем пропорцијских анализа. У оквиру студије случаја разматран је однос звука и простора у сакралном градитељству средњовековне Србије. Пропорцијске анализе шест цркава моравске стилске групе указале су на могућности примене музичке аналогије у размеревању објеката, поред других метода пропорционисања – квадратуре и тријангулатуре. Кроз музичку аналогију остварен је један вид односа *пропорција* архитектуре и *хармоничног* звука који, иако безвучан по себи, свакако представља пажње вредно наслеђе прожето античком аналошким мишљу.

Насупрот томе, савремени приступ истраживању звука у историјским просторима заснива се на анализи импулсног одзива и из њега данас софтверски генерисаних акустичких параметара. До тога је дошло захваљујући раду Воласа Клемент Сабина (крајем XIX и почетком XX века), често називаног оцем архитектонске акустике. Формулацијом математичке повезаности субјективног доживљаја звука у простору и физичких особина самог простора, Сабин је дошао до првог параметра – *времена реверберације* – који квантификује акустичка својства одређеног простора. На тај начин омогућено је да се по први пут у историји различити простори акустички објективно вреднују и пореде. До почетка XXI века развијено је чак 46 акустичких параметара који на различите начине описују звучно поље простора (Lacatis et al. 2008). У зависности од намене архитектонских објеката, релевантни су различити акустички параметри. Са техничко-технолошким развојем крајем XX века снимање импулсног одзива простора постало је значајно једноставније, те је пажња истраживача, како просторне акустике тако и оних који се баве градитељским и уопште културним наслеђем (археолога, архитеката, конзерватора, музиколога, и сл.), усмерена на историјске просторе. Истраживање звука у градитељској баштини захтева мултидисциплинарни приступ – супротстављање полазишта појединих дисциплина и комбиновање сазнања различитих наука у адитивном поступку. Област археоакустичких истраживања формирана је са главним циљем да реконструише делове звучне слике претходних градитељских епоха, да утврди постојање извесних трендова у акустичком отиску простора и да озвучи поједине, доскора потпуно неме, архитектонске остатке.

Како је показано у поглављу 4.0, у археоакустичким истраживањима звук је махом посматран као импулсни одзив. За период праисторије не може се говорити о интенционалном обликовању акустичких ефеката. Примера ради, до сада нема валидних доказа да је геометрија долмена развијена са намером да се постигне ефекат Хелмхолцове резонанце, те за сада ову звучну одлику треба сматрати последицом а не узроком обликовања ових праисторијских простора. Са развојем логичког мишљења, математичке

основе разумевања света и достизањем извесног инжењерског нивоа у градитељству античког периода, већ је могуће говорити о потреби за објашњавањем одлика звука у архитектури, као и о интенционалности или покушајима обликовања звучне слике у унутрашњим просторима. Прегледом објављених археоакустичких истраживања утврђена су доминантна истраживачка питања у области, као и историјски континуитет у подизању објеката у којима је звук имао битан значај. Од праисторије, а посебно од настанка античких позоришта уочава се веза култа и спектакла, те њихово сједињавање у истом архитектонском простору. Ово снажно прожимање део је и сакралне хришћанске архитектуре. У средњем веку позориште се вратило храму из кога је и потекло у антици, како у смислу архитектонског простора тако и у смислу програма који се изводио. У раду је показано да су објекти у којима је звук био суштински важан били повезани са сакралном наменом простора све до периода новог века, када почињу да се граде објекти спектакла – позоришта, концертне дворане, опере и сл.

Реконструкција звучне слике историјских простора доприноси, између осталог, и разумевању наше музичке прошлости. Акустички проблем јеке у унутрашњим просторима средњовековних катедрала одредио је такође и литургијску праксу, која је почела да се развија са ширењем хришћанства, те је у потпуности заменила традицију античких позоришних извођења. Јечност сакралних простора, као и недиференцираност бинског простора од публике, узроковали су специфичне просторне и звучне ефекте, потпуно различите од античких. Појава појединих идеја у музици одговарала је овим променама звучног поља унутрашњег простора за који је иницијално компонована. Тако је појави полифоне музике у XIV веку претходило веома дуго време реверберације у средњовековним катедралама западне Европе, које је по себи производило полифони ефекат и тако обогаћивало извођену мелодију. Ово такође говори у прилог значају трочланог односа архитектура-акустика-музика и важности духа времена, односно градитељских стремљења једне епохе, за развој музике. Са друге стране, нови простори, као на пример

ораторијуми, прихватани су и даље развијани, уколико су били у складу са трендом развоја музике одређеног периода.

У археоакустици још увек не постоје општеприхваћене теорије и методологије истраживања (Zubrow 2014). Претходна истраживања указала су на недостатак акустичких студија различитих типова цркава (Navarro et al. 2009), неопходних за извођење општих закључака о односу архитектуре и звука у хришћанским сакралним објектима. Из тог разлога, студија случаја у овом раду отворила је питање односа архитектуре и звука у српској средњовековној баштини. Дероко је писао да је циљ средњовековних неимара био да се главни ефекат постигне спољашњим обликовањем архитектонских маса, док је унутрашња архитектура занемаривана (Дероко 1962, 180). Међутим, резултати истраживања ове студије случаја говоре другачије. Поред тога што је показано да се музичка хармонија пресликавала у геометрију грађевина моравске стилске групе кроз примену односа великих питагорејских интервала, у оквиру студије анализирани су и импулсни одзиви снимљени *in situ*. Показано је да геометрија цркава доприноси јечности простора и утиску да звук обавија верника долазећи са свих страна, па и одозго, подстичући тако религијска осећања тајновитости и светости богослужбеног обреда. Дакле, управо у унутрашњем простору моравских цркава остваривана је и акустичка веза са Свевишњим.

Како је претходно показано, досадашње археоакустичке студије бавиле су се претежно појединачним објектима. Даља истраживања односа архитектуре и звука потребно је да систематски обухвате и остале градитељске периоде, не само средњовековне Србије, већ целокупног градитељског корпуса Европе. На тај начин обогатиће се базе података у оквиру којих ће поређења нужно довести до значајних закључака. Мултидисциплинарни приступ јесте основни предуслов за развој археоакустике. Стога је неопходно формирати археоакустичке тимове у оквиру којих се остварује сарадња истраживача из различитих области (акустике, архитектуре, археологије, студија културе, музикологије, лингвистике, итд), при чему је свако надлежан за закључке у оквиру свог поља

истраживања, јер као што један тон С чини сазвучје основног и његових аликуотних тонова С, G, Е и В, тако је и читава скала нијанси и приступа разумевању културе потребна да се опише однос звука и простора кроз историју.

ЛИТЕРАТУРА

- Alberti, L.B., 1988. *On the Art of Building in Ten Books*, Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press.
- Alison, A., 1821. *Essays on the Nature and Principles of Taste*, Hartford: George Goodwin & Sons.
- Alvarez-Morales, L. & Martellotta, F., 2015. A geometrical acoustic simulation of the effect of occupancy and source position in historical churches. *Applied Acoustics*, 91, pp.47–58. Dostupno na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14003119>.
- Anderson, J.F., 1950. Analogy in Plato. *The Review of Metaphysics*, 4(1), pp.111–128.
- Aristotel, 2012. *O duši - Parva Naturalia*, Beograd: Paideia.
- Arns, R. & Crawford, B., 1995. Resonant cavities in the history of architectural acoustics. *Technology and culture*, 36(1), pp.104–135. Dostupno na: <http://www.jstor.org/stable/3106343>.
- ATLAS, 2005. Ancient Theatres Lightning and Acoustics Support.
- Ahnert, W. & Schmidt, W., 2005. *Fundamentals to perform acoustical measurements*, Dostupno na: <http://www.renkusheinz-sound.ru/easera/EASERAAppendixUSPV.pdf>.
- Bajalović Hadži-Pešić, M., 1981. *Keramika u srednjovekovnoj Srbiji*, Beograd: Muzej grada Beograda.
- Barba Sevillano, A. et al., 2008. Acoustics vases in ancient theatres: disposition, analysis from the ancient tetracordal musical system. U *Acoustics 08 Paris*. Paris. Dostupno na: <http://www.upv.es/contenidos/ACUSVIRT/info/U0678805.pdf>.
- Baumann, D., 1990. Musical Acoustics in the Middle Ages. *Early Music*, 18(2), pp.199–210.
- Benozzo, F., 2010. Sounds of the Silent Cave. An Ethnophilological Perspective on Prehistoric “incubatio.” U G. Dimitriadis, ur. *Archaeologies and Soundscapes*. Oxford: Archaeopress.
- Beranek, L.L., 1962. *Music, Acoustics and Architecture*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Berardi, U., Iannace, G. & Maffei, L., 2015. Virtual reconstruction of the historical acoustics of the Odeon of Pompeii. *Journal of Cultural Heritage*. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2015.12.004>.
- Beckers, B. & Borgia, N., 2009. The acoustic model of the Greek theatre. U *PROHITECH 09: Proceedings of the International Conference on Protection of*

- Historical Buildings*. Rim, pp. 1115–1120.
- Blagojević, L., 2015. *Itinerari: Moderna i Mediteran - Tragovima arhitekata Nikole Dobrovića i Milana Zlokovića*, Beograd: Službeni glasnik, Univerzitet u Beogradu - Arhitektonski fakultet.
- Blagojević, L., 2003. *Modernism in Serbia: the elusive margins of Belgrade architecture, 1919-1941*, Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press.
- Bošnjak, B., 1983. Ideja predsokratovske filozofije. U *Predsokratovci - fragmenti, svezak 1*. Zagreb: Naprijed.
- Božić, M., 2010. *Pregled istorije i filozofije matematike*, Beograd: Zavod za udžbenike.
- Bukofzer, M.F., 1942. Speculative Thinking in Medieval Music. *Speculum*, 17(2), pp.165–180.
- Булић, Д. & Црнчевић, Д., 2010. Звук и грађење: Примери акустичких судова из цркве манастира Давидовица Davidovica. *Историјски часопис*, LIX, pp.103–130.
- Burckhardt, T., 2007. *Sveta umjetnost na Istoku i Zapadu: njena načela i metodi*, Sarajevo: Tugra.
- Vachez, A., 1885. Des echea ou vases acoustiques dans le théâtres antique, et les églises du moyen age. U *Congres Archeologique, Paris*. pp. 253–279.
- Valière, J.-C. & Palazzo-Bertholon, B., 2014. Le dispositif acoustique du caveau de la cathédrale de Noyon (Oise). *Paper presented at the CFA 2014, Poitiers, France, April 22-25*.
- Valière, J.-C., Palazzo-Bertholon, B. & Polack, J., 2013. Acoustic Pots in Ancient and Medieval Buildings : Literary Analysis of Ancient Texts and Comparison with Recent Observations in French Churches, 99(November 2012), pp.70–81.
- Valleriani, M., 2012. Galileo's abandoned project on acoustic instruments at the Medici court. *History of Science*, 1, pp.1–32.
- Valtrović, M. & Milutinović, D., 2006. *Documents I - field records 1871-1884 T. Damljanović, ur.*, Beograd: Istorijski muzej Srbije.
- Vasiljević, S., 1956. Naši stari graditelji i njihova stvaralačka kultura. *Zbornik zaštite spomenika kulture*, VI-VII, pp.1–36.
- Vassilantonopoulos, S.L. & Mourjopoulos, J.N., 2003. A study of ancient Greek and Roman theater acoustics. *Acta Acustica united with Acustica*, 89, pp.123–136.
Dostupno na:
<http://www.ingentaconnect.com/content/dav/aaua/2003/00000089/00000001/art00015>.
- Винавер, С., 2012. *Заноси и пркоси Лазе Костића*, Београд: Службени гласник

и Завод за уџбенике.

- Vitruvije, M.P., 2000. *Deset knjiga o arhitekturi*, Beograd: Građevinska knjiga.
- Von Franc, M.L., 1987. Proces individuacije. U *Čovjek i njegovi simboli*. Zagreb: Mladost.
- Вуловић, Б., 1966. *Раваница - њено место и њена улога у сакралној архитектури Поморавља*, Београд: Републички завод за заштиту споменика културе Београд.
- Gade, A.C. & Angelakis, K., 2006. Acoustics of ancient Greek and Roman theatres in use today. *4th joint meeting of ASA and ASJ*, (Paper 3aAAb1), pp.1–9.
- Gavela, B., 1988. *Paleolit Srbije*, Aranđelovac - Beograd: Muzej u Aranđelovcu.
- Genette, G., 1985. *Mimologije: Put u Kratiliju*, Zagreb: Grafički zavod Hrvatske.
- Gentner, D. et al., 1997. Analogical reasoning and conceptual change: A case study of Johannes Kepler. *The journal of the Learning Sciences*, 6(1), pp.3–40.
- Gika, M., 1987. *Filozofija i mistika broja*, Novi Sad: Književna zajednica Novog Sada.
- Глигоријевић-Максимовић, М., 2007. Антички елементи у сликарству Богородице Љевишке у Призрену. *Зборник Матице српске за класичне студије*, 9, pp.203–221.
- Godman, R., 2006. The enigma of Vitruvian resonating vases and the relevance of the concept for today. *Working Papers in Art and Design*, 4. Dostupno na: http://sitem.herts.ac.uk/artdes_research/papers/wpades/vol4/rgfull.html.
- Gostuški, D., 1968. *Vreme umetnosti*, Beograd: Prosveta.
- Grenet, P., 1948. *Les origines de l'analogie philosophique dans les dialogues de Platon*, Paris: Boivin & Cie.
- Gruzelier, J., 2009. A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. *Cognitive Processing*, 10(1), pp.101–109.
- Damnjanović, M., 1975. Uvod. U *Fenomenologija*. Beograd: Nolit.
- Da Vinci, L., 2011a. *Sveske I*, Beograd: Službeni glasnik.
- Da Vinci, L., 2011b. *Sveske II - Madridski kodeksi*, Beograd: Službeni glasnik.
- Дероко, А., 1962. *Монуменална и декоративна архитектура у средњовековној Србији*, Београд: Научна књига.
- Дероко, А., 1930. У Бодиновој престоници. *Старинар*, V, pp.133–134.
- Desarnaulds, V., 2002. *De l'acoustique des eglises en Suisse - une approche pluridisciplinaire*. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.
- Desarnaulds, V. et al., 2001. Efficiency of 13th-century acoustic ceramic pots in two Swiss churches. U *NOISE-CON 2001*. Portland, Maine.

- Desarnaulds, V. & Carvalho, A., 2002. Liturgical Conditions of Catholic and Reformed Celebrations and Their Relationship With Architectural. U *Forum acusticum Sevilla 2002: 3rd European Congress on Acoustics Sevilla*. Sevilla.
- Devereux, P., 2009. A ceiling painting in the Hal-Saflieni hypogeum as acoustically-related imagery: A preliminary note. *Time and Mind*, 2(2), pp.225–231.
- Devereux, P., 1997. The Archaeology of Consciousness. *Journal of Scientific Exploration*, 11(4), pp.527–538.
- Dibi, Ž., 2007. *Vreme katedrala*, Novi Sad: Izdavačka knjižarnica Zorana Stojanovića, Sremski Karlovci.
- Diels, H., 1983a. *Predsokratovci, fragmenti I*, Zagreb: Naprijed.
- Diels, H., 1983b. *Predsokratovci, fragmenti II*, Zagreb: Naprijed.
- Добс, Б.Т., 2002. *Лов на зеленог лава - основи алхемије Исака Њутна*, Београд: Српско друштво за историју науке.
- Domentijan, 1970. *Život svetoga Save*, Novi Sad, Beograd: Matica srpska - Srpska književna zadruga.
- Ђурђевић, М., 1991. *Život i delo arhitekta Milana Zlokovića. Godišnjak grada Beograda*, XXXVIII.
- Ђурић, В., 1967. Дубровачки градитељи у Србији средњег века. *Зборник за ликовне уметности*, 3, pp.85–103.
- Ђурић, В. & Бабић-Ђурђевић, Г., 1997. *Srpska umetnost u srednjem veku II*, Beograd: Srpska književna zadruga.
- Ђурић, О., 2006. *Vodič kroz istoriju muzike*, Beograd: Dominanta.
- Ђурић, С., 1985. *Љубостиња - Црква Успења Богородичиног*, Београд: Просвета.
- Elijade, М., 1991. *Istorija verovanja i religijskih ideja*, Beograd: Prosveta.
- Elicio, L. & Martellotta, F., 2015. Acoustics as a cultural heritage: The case of Orthodox churches and of the “Russian church” in Bari. *Journal of Cultural Heritage*, pp.1–6. Dostupno na: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1296207415000254>.
- Eneix, L.C. ur., 2014. *Archaeoacoustics - Proceedings from the 2014 Conference in Malta*, Myakka City: OTS Foundation.
- Eneix, L.C. ur., 2016. *Archaeoacoustics - Proceedings from the 2015 Conference in Turkey*, Myakka City: OTS Foundation.
- ERATO, 2003. Evaluation and Revival of the Acoustical Heritage of Ancient Theatres and Odea (2003-2006).
- Zakinthinos, T. & Skarlatos, D., 2007. The effect of ceramic vases on the acoustics of old Greek orthodox churches. *Applied Acoustics*, 68(11-12), pp.1307–1322.

- Zamarreño, T., Girón, S. & Galindo, M., 2008. Assessing the intelligibility of speech and singing in Mudejar-Gothic churches. *Applied Acoustics*, 69(3), pp.242–254. Dostupno na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X06002015>.
- Злоковић, М., 1925. Старе цркве у околини Преспе и Охрида. *Старинар*, III(III), pp.115–149.
- Злоковић, М., 1936. Градачка црква, задужбина краљице Јелене. *Гласник Скопског научног друштва*, XV-XVI, pp.61–80.
- Злоковић, М., 1949. Утицај пропорцијског система Блонделове капије Св. Дени-а у Паризу на недовољно осветљени проблем пропорција у архитектури. *Годишњак техничког факултета Универзитета у Београду 1946-1947*, pp.45–57.
- Zloković, M., 1954. Uticaj recipročnog zalančavanja harmoniskih razmera na proporciski sklop izvesnog fasadnog sistema. *Tehnika*, 6-7, pp.833–840; 1001–1006.
- Злоковић, М., 1955а. Антропоморфни системи мера у архитектури. *Зборник заштите споменика културе*, IV-V / 195, pp.181–216.
- Злоковић, М., 1955б. Улога непрекидне поделе или “Златног пресека” у архитектонској композицији. *Преглед архитектуре*, 3, pp.80–85.
- Злоковић, М., 1956. Геометријска анализа пропорцијског склопа архитектонских редова по Вињоли. *Зборник Архитектонског факултета Универзитета у Београду 1953-1956*.
- Zloković, M., 1958. Uticaj modularne koordinacije na estetsku komponentu u arhitekturi. U *Savetovanje o modularnoj koordinaciji u građevinarstvu*. Beograd: Savezni zavod za produktivnost rada.
- Злоковић, М., 1960. За улогата и значењето на пропорционите шестари во композициските методи на античката ликовна уметност. У *Зборник Техничког факултета у Скопљу 1957/1958*. pp. 43–94.
- Zloković, M., 1965. La Coordinazione modulare. *Industrializzazione dell'edilizia*.
- Zubrow, E.B.W., 2014. The Silence of Sound: A Prologue. U *Archaeoacoustics - The Archaeology of Sound*. Malta: OTSF Foundation.
- Iannace, G., Maffei, L. & Trematerra, P., 2011. The acoustic evolution of the Large theatre of Pompeii. U *The Acoustics of Ancient Theatres Conference Proceedings*. Patras, pp. 1–6.
- Jamblih, 2012. *Pitagorin život*, Beograd: Dereta.
- Jaffe, A., 1987. Simbolizam u likovnim umjetnostima. U *Čovjek i njegovi simboli*. Zagreb: Mladost.
- Jahn, R.G., Devereux, P. & Ibson, M., 1995. *Acoustical Resonances of Assorted Ancient*

Structures, Princeton University: International Consciousness Research Laboratories.

- Јовановић, К., 1909. Стара Павлица. *Старинар*, II, pp.135–136.
- Johnston, I., 2009. *Measured Tones: The Interplay of Physics and Music* 3rd editio., Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, USA.
- Judkin, D., 2003. *Muzika u srednjovekovnoj Evropi*, Beograd: CLIO.
- Jung, C.G. et al., 1987. *Čovjek i njegovi simboli*, Zagreb: Mladost.
- Jurković, M. & Turković, T., 2012. La Croatie medievale: etat des lieux. U *Archeologie du Son: Les dispositifs de pots acoustiques dans les edifices anciens*. pp. 133–140.
- Kalić, D., 1984. Acoustic Resonators in Serbian Medieval Churches. U *Zbornik radova sa Drugog sastanka akustičara Grčke i Jugoslavije*.
- Kandić, A. & Milosavljević, P., 2014. World as an artwork: aesthetic, artistic, and mathematical aspects of Plato's cosmology. *Sztuka i Filozofia*, 45, pp.104–111. Dostupno na: <http://www.aleksandarkandic.com/papers/world-artwork-p.pdf>.
- Kapra, F., 1989. *Tao fizike - jedno istraživanje između savremene fizike i istočnjačkog misticizma*, Beograd: Opus.
- Karadedos, G., Zafranias, V. & Karampatzakis, P., 2011. An approach into the acoustic evolution of ancient Odea. U *The Acoustics of Ancient Theatres Conference Patras, September 18-21, 2011*. pp. 1–10.
- Karampatzakis, P. et al., 2011. A study on Aristoxenus acoustic urns. U *The Acoustics of Ancient Theatres Conference Patras, September 18-21, 2011*. pp. 1–9.
- Kepler, J., 1952. The Harmonies of the World: V. U *Great Books of the Western World - 16. Ptolemy, Copernicus, Kepler*. pp. 1009–1085.
- Kircher, A., 1673. *Phonurgia nova sive conjugium mechanico-physicum artis & naturae paranymta phonosophia concinnatum*, Kempten: Rudolph Dreherr.
- Kiš Žuvela, S., 2005. Muzička analogija u graditeljstvu. *Theoria*, 7, pp.20–23.
- Knežević, S., 2011. *Muzička estetika i instrumenti*, Sombor: Gradska biblioteka "Karlo Bijelicki", Gradski muzej.
- Костић, Л., 1865. Одговор на мњење о Костићевој Беседи од Глише Гершића и А. Хаџића. *Матица*, 1.
- Костић, Л., 1880. Основа лепоте у свету са особитим обзиром на српске народне песме. *Летопис Матице српске*, 121-124.
- Korać, V., 1965. *Graditeljska škola pomorja*, Beograd: Naučno delo.
- Kostić, L., 1961. *Osnovno načelo - kritički uvod u opštu filosofiju*, Beograd: Kultura.

- Kovačić, A., 2012. Glazba u ranom krišćanstvu - glavni naglasci patrističke literature. *Služba Božja*, 1, pp.21–50.
- Kocić, L. & Stefanovska, L., 2008. Reflections of spiral complexity on art. U F. F. Orsucci & N. Sala, eds. *Reflexing Interfaces: The Complex Coevolution of Information Technology Ecosystems*. Hershey(PA)-London, pp. 290–307.
- Krauthajmer, R. & Ćurčić, S., 2008. *Ranohrišćanska i vizantijska arhitektura*, Beograd: Građevinska knjiga.
- Kruft, H.-W., 1994. *A History of Architectural Theory, from Vitruvius to Present*, New York: Princeton Architectural Press.
- Kurtović, H., 1990. *Osnovi tehničke akustike*, Beograd: Naučna knjiga.
- Lacatis, R. et al., 2008. Historical and chronological evolution of the concert hall acoustics parameters. U *Acoustics 08 Paris*. Paris. Dostupno na: www.acoustics08-paris.org.
- Lawlor, R., 1982. *Sacred geometry – philosophy and practice*, London: Thames & Hudson.
- Leroi-Gourhan, A., 1967. *Treasures of Prehistoric Art*, New York: Abrams.
- Long, M., 2006. *Architectural Acoustics*, London: Elsevier academic press.
- Lucretius, 1872. De Rerum Natura. New York: DeWitt C. Lent & Co., pp. 560–614.
- Lyons, J., 1967. Paleolithic Aesthetics: The Psychology of Cave Art. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 26(1), pp.107–114.
- Љубинковић, М., 1996. *Манастир Раваница*, Београд: Републички завод за заштиту споменика културе Београд.
- Manević, Z., 1989. *Zloković*, Beograd: Institut za istoriju umetnosti i Muzej savremene umetnosti.
- Marasović, T., 2003. Patere i amfore u svodovima ranosrednjovjekovnih crkava u Dalmaciji. *Starohrvatska prosvjeta III/30*, pp.113–125.
- Marjanović, M., 2012. *Milan Zloković. Il problema delle proporzioni del novecento nell'architettura moderna*. Politecnico di Milano, Faculty of Architecture, PhD in Architectural Composition.
- Марковић, В., 2002. *Православно монаштво и манастири у средњовековној Србији*, Горњи Милановац: Лио.
- Martellotta, F. et al., 2008. Acoustical reconstruction of San Petronio Basilica in Bologna during the Baroque period: the effect of festive decorations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5), p.3607. Dostupno na: <http://scitation.aip.org/content/asa/journal/jasa/123/5/10.1121/1.2934787> [Accessed December 28, 2015].
- Mijić, M., 2000. Akustika pravoslavnih crkava – sinteza objektivnog i subjektivnog

u akustičkim komunikacijama. U *TELFOR*. Dostupno na:
<http://www.telfor.rs/telfor2000/spisak.html>.

- Mijić, M., 2001. *Akustika u arhitekturi*, Beograd: Nauka.
- Mijić, M. & Šumarac-Pavlović, D., 2004. Analysis of Contribution of Acoustic Resonators Found in Serbian Orthodox Churches. *Building Acoustics*, 11(3), pp.197–212.
- Миланковић, М., 1997. *Списци из историје науке*, Београд: Завод за уџбенике и наставна средства Београд.
- Milenković, B., 1977. *Rečnik modularne koordinacije*, Beograd: Univerzitet u Beogradu - Arhitektonski fakultet.
- Millet, G., 1919. *L'ancien art Serbe - les eglises*, Paris: Picard.
- Милосављевић, П. 2013. *Златни пресек и филозофија природе. Том II*. Univerzitet u Beogradu: doktorska disertacija.
- Милосављевић, П., 2015. *Слово ренесансе - античка геометрија у средњовековном српском стваралаштву*, Нови Сад: Матица српска.
- Мирковић, Л., 1965. *Православна литургија или наука о богослужењу православне источне цркве*, Београд: Издање Светог архијерејског синода Српске православне цркве.
- Мирковић, Л., 1939. *Списци Светог Саве и Стефана Првовенчаног*, Београд: Државна штампарија Краљевине Југославије.
- Mitrović, B., *Vignola and the golden section: Milan Zloković's analysis of Regola delli cinque ordini*, Dostupno na:
https://www.academia.edu/9875245/Vignola_and_the_Golden_Section_Milan_Zlokovi%C4%87s_Proportional_analysis_of_the_system_of_classical_orders_in_Vignolas_Regola_delli_cinque_ordini?auto=download.
- Мојсиловић, С., 1981. Просторна структура манастира средњовековне Србије. *Саопштења Републичког завода за заштиту споменика културе Београд*, XIII, pp.7–43.
- Morris, T.E., 1996. Musical Analogies in Architecture. *The Structurist*, 35/36.
- Muller, J., 2012. The sound of history and acoustic memory: Where psychology and history converge. *Culture & Psychology*, 18(4), pp.443–464.
- Muller, W. & Vogel, G., 2005. *Atlas Arhitecture I*,
- Mumford, L., 1986. *Mit o mašini - tehnika i razvoj čovjeka 1*, Zagreb: Grafički zavod Hrvatske.
- Navarro, J., Sendra, J.J. & Muñoz, S., 2009. The Western Latin church as a place for music and preaching: An acoustic assessment. *Applied Acoustics*, 70(6), pp.781–789. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.09.014>.

- Needham, R., 1967. Percussion and Transition. *Man*, 2(4), pp.606–614.
- Nenadović, S., 1960. Rezonatori u crkvama srednjovekovne Srbije. U *Zbornik Arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, sveska 5*. Beograd: Arhitektonski fakultet, pp. 3–10.
- Ненадовић, С., 2003. *Грађевинска техника у средњовековној Србији*, Београд: Просвета.
- Несторовић, Б., 1952. *Архитектура старог века*, Београд: Народна књига.
- Neufert, E., 1952. *Pravila građevinarstva*, Beograd: Građevinska knjiga.
- Нешковић, Ј., 1961. Црква манастира Давидовице на Лиму. *Саопштења Републичког завода за заштиту споменика културе*, IV.
- Нешковић, Ј. & Николић, Р., 1987. *Петрова црква код Новог Пазара*, Београд: Републички завод за заштиту споменика културе Београд.
- Nokso-Koivisto, I., 2014. *Microcosm-Macrocosm Analogy in Rasa'il Ikhwan as-Safa and Certain Related Texts*. Helsinki: University of Helsinki. Dostupno na: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136006/microcos.pdf?sequence=1>.
- Nokso-Koivisto, I., 2011. Summarized Beauty: The Microcosm-Macrocosm Analogy and Islamic Aesthetics. *Studia Orientalia*, 111, pp.251–269.
- Novković, D., 2009. *Analiza kvaliteta studijskih prostora merenjem impulsnog odziva*. Elektrotehnički fakultet - Univerzitet u Beogradu.
- Пајић, М., 2009. *Светиње моравске Србије - ризнице завештања Немањића*, Београд: Удружење Ризница српске духовности, Шабац.
- Palazzo-Bertholon, B. & Valière, J.-C., 2012. *Archeologie du Son: Les dispositifs de pots acoustiques dans les édifices anciens*, Paris: Supplément au Bulletin monumental n° 5, Société Française d'Archéologie.
- Palladio, A., 2010. *Četiri knjige o arhitekturi*, Beograd: Građevinska knjiga.
- Панић, Д. & Бабић, Г., 1988. *Богородица Љевишка*, Београд.
- Panofski, E., 1955. *History of the Theory of the Human Proportions as a Reflection of the History of Styles*, New York.
- Pavlović, B., 1981. Тајне дијалога Тимаж. У *Тимаж*. Beograd: NIRO "Mladost," pp. 5–49.
- Пено, В., 2014. О истраживањима црквеног појања у средњовековној Србији. *Музикологија*, 16, pp.131–154.
- Перковић-Радак, И., 2007а. Стара музика. У *Историја српске музике - српска музика и европско музичко наслеђе*. Београд: Завод за уџбенике, pp. 29–62.
- Перковић-Радак, И., 2007б. Црквена музика. У *Историја српске музике - српска музика и европско музичко наслеђе*. Београд: Завод за уџбенике, pp. 299–

- Петковић, В., 1909. Жича. *Старинар*, IV, pp.27–106.
- Петровић, А., 2005. *Аналогија и ентропија - филозофија природе и хармоније Лазе Костића и Косте Стојановића*, Нови Сад: Матица српска.
- Petrović, D., 1983. Crkveni elementi u srpskom narodnom obrednom pevanju. *Balkanica*, XIII-XIV, pp.463–482.
- Petrović, Đ., 1972. *Kompozicija arhitektonskih oblika*, Beograd: Naučna knjiga.
- Petrović, Đ., 1974. *Teoretičari proporcija*, Beograd: Građevinska knjiga.
- Петровић, М., 1998. *Математичка феноменологија - феноменолошко пресликавање*, Beograd: Завод за уџбенике и наставна средства.
- Platon, 1969. *Država*, Beograd: Kultura.
- Platon, 1976. *Kratil*, Zagreb: Studentski centar Sveučilišta u Zagrebu.
- Platon, 1981. *Timaj*, Beograd: NIRO "Mladost."
- Polychronopoulos, S. et al., 2013. The use of resonators in ancient Greek theatres. *Acta Acustica united with Acustica*, 99(1), pp.64–69.
- Popović, Ž., 1986. *Istorija arhitekture pozorišta, kazališta, gledališča i teataru Evrope i Jugoslavije*, Beograd: Građevinski fakultet.
- Поповић, П., 1936. Стари српски животописи XV и XVII века. У *Старе српске биографије XV и XVII века*. Београд: Српска књижевна задруга.
- Поповић, С., 1993. *Крст у кругу - архитектура манастира у средњовековној Србији*, Београд: Републички завод за заштиту споменика културе Београд.
- Поповић, С. & Ђурчић, С., 2000. *Наупара*, Београд: Републички завод за заштиту споменика културе Београд.
- Pouille, B., 2000. Les vases acoustiques du theatre de Mummius Achaicus. *Revue Archeologique*, 1, pp.37–50.
- Preti, Đ., 2002a. *Istorija naučne misli - nauka od Talesa do Ajnštajna I: antička nauka*, Beograd: Klub NT.
- Preti, Đ., 2002b. *Istorija naučne misli - nauka od Talesa do Ajnštajna II: moderna nauka*, Beograd: Klub NT.
- Пурић-Зафировски, Т., 2001. Пропорцијска анализа у текстовима архитекте Милана Злоковића (1946-1965). *Флогистон*, 11, pp.129–150.
- Ray, B.C., 1987. Stonehenge: A New Theory. *History of Religions*, 26(3), pp.225–278.
- Reznikoff, I., 2010. La Dimension Sonore des Grottes Prehistoriques a Peintures. *U10eme Congres Francais d'Acoustique*.

- Reznikoff, I., 2005. On primitive elements of musical meaning. *The Journal of Music and Meaning*, 3(October 2004). Dostupno na: <http://www.musicandmeaning.net/issues/showArticle.php?artID=3.2>.
- Reznikoff, I., 2008. Sound resonance in prehistoric times: A study of Paleolithic painted caves and rocks. U *Acoustics 08 Paris*. Paris, pp. 4137–4141. Dostupno na: www.acoustics08-paris.org.
- Reznikoff, I., 2014. The Hal Saflieni Hypogeum: A link between Paleolithic painted caves and Romanesque chapels. U L. C. Eneix, ur. *Archaeoacoustics: The Archaeology of Sound, Proceedings from the 2014 Conference in Malta*. Malta: The OTS Foundation, pp. 45–50.
- Reznikoff, I. & Dauvois, M., 1988. La dimension sonore des grottes ornées. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 85(8), pp.238–246.
- Rindel, J.H., 2011a. Echo problems in ancient theatres and a comment to the “sounding vessels” described by Vitruvius. U *The Acoustics of Ancient Theatres*. Patras, pp. 1–7.
- Rindel, J.H., 2011b. The ERATO Project and Its Contribution to Our Understanding of the Acoustics of Ancient Theatres. U *The Acoustics of Ancient Theatres Conference Patras, September 18-21, 2011*. pp. 1–6.
- Ристић, В., 1989. *Лазарица и Крушевачки град*, Београд: Републички завод за заштиту споменика културе Београд.
- Ристић, В., 1996. *Моравска архитектура*, Крушевац: Народни музеј.
- Robb, J., 2001. Islands identities: ritual, travel and the creation of difference in Neolithic Malta. *European Journal of archaeology*, 4, pp.175–202.
- Sato, S., Sakai, H. & Prodi, N., 2002. Acoustical measurements in ancient Greek and Roman theatres. *FORUM ACUSTICUM 2002 Proceedings*, pp.1–6.
- Свети Сава, 2009. *Сабрана дела*, Београд: Антологија српске књижевности.
- Skočajić, D., 2004. *Pejzažna arhitektura srpskih srednjovekovnih manastirskih kompleksa*. Univerzitet u Beogradu.
- Sofijanić, G., 2011. *Arhita iz Taranta*. Univerzitet u Beogradu. Dostupno na: [http://elibrary.matf.bg.ac.rs/bitstream/handle/123456789/1833/Arhita iz Taranta \(konacna verzija\).pdf?sequence=1](http://elibrary.matf.bg.ac.rs/bitstream/handle/123456789/1833/Arhita_iz_Taranta_(konacna_verzija).pdf?sequence=1).
- Стефановић, Д., 1975. *Стара српска музика - примери црквених песама из XV века* С. Ђурић-Клајн, ур., Београд: Музиколошки институт САНУ.
- Стефан Првовенчани, Живот Светог Симеона. У *Сабрани списи*. Доступно на: http://www.rastko.rs/knjizevnost/liturgicka/stefan-sabrana/stefan-sabrana_03_c.html#x_19.
- Stroud, K., 2014. Hal Saflieni Hypogeum - Acoustic Myths and Science. U L. Eneix, ur. *Archaeoacoustics: The Archaeology of Sound*. OTS Foundation, pp. 37–44.

- Suárez, R. et al., 2005. The sound of the Cathedral-Mosque of Córdoba. *Journal of Cultural Heritage*, 6(4), pp.307–312.
- Suárez, R., Alonso, A. & Sendra, J.J., 2014. Intangible cultural heritage: The sound of the Romanesque cathedral of Santiago de Compostela. *Journal of Cultural Heritage*, 16(2), pp.239–243. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2014.05.008>.
- Suárez, R., Alonso, A. & Sendra, J.J., 2015. Intangible cultural heritage: The sound of the Romanesque cathedral of Santiago de Compostela. *Journal of Cultural Heritage*, 16(2), pp.239–243. Dostupno na: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1296207414000788>.
- Suárez, R., Sendra, J.J. & Alonso, A., 2013. Acoustics, Liturgy and Architecture in the Early Christian Church. From the domus ecclesiae to the basilica. *Acta Acustica united with Acustica*, 99(2), pp.292–301. Dostupno na: <http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=1610-1928&volume=99&issue=2&spage=292>.
- Shankland, R.S., 1972. The Development of Architectural Acoustics: The application of the science of acoustics to architectural designs has produced greatly improved halls for both speech and music. *Amercian Scientist*, 60(2), pp.201–209.
- Scarre, C. & Lawson, G. eds., 2006. *Archaeoacoustics*, Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, University of Cambridge.
- Scharlau, U., 1978. Athanasius Kircher (1601-1680) or Some Aspects of Acoustical Developments in the 17th Century. *Fontes Artis Musicae*, 25(1), pp.86–89.
- Scholfield, P.H., 1958. *The Theory of Proportion in Architecture*, Cambridge: University Press.
- Tadić, M. & Gavrić, G., 2012. Orjentacija srednjovekovnih srpskih crkava moravske škole. *Glasnik srpskog geografskog društva*, XCII(1), pp.185–202.
- Татић, Ж., 1929. *Трагом велике прошлости*, Београд.
- Теодосије, 2009. *Житија*. Београд: Антологија српске књижевности.
- Till, R., 2010. Songs of the Stones: an investigation into the musical history and culture of Stonehenge. *IASPM: International Association for the Study of ...*, 1(2), pp.1–18. Dostupno na: <http://eprints.hud.ac.uk/13248>.
- Till, R., 2014. Sound Archaeology: An Interdisciplinary Perspective. U L. Eneix, ur. *Archaeoacoustics :The Archaeology of Sound*. Malta: OTS Foundation, pp. 23–32.
- Тодић, Б., 1995. *Манастир Ресава*, Београд: Агенција Драганић.
- Томовић, Г., 2000. Топлица у средњем веку. У *Курушумлија кроз векове (Зборник радова са научног скупа у Пролом Бањи)*. Београд.
- Tronchin, L., 2008. The “Phonurgia Nova” of Athanasius Kircher: The Marvellous

- sound world of 17th century. U *Proceedings of Meetings on Acoustics*. Acoustical Society of America. Dostupno na:
<http://scitation.aip.org/content/asa/journal/poma/4/1/10.1121/1.2992053>.
- Tsilfidis, A. et al., 2011. Acoustic radiation properties of ancient greek masks. U *The Acoustics of Ancient Theatres Conference Patras, September 18-21, 2011*. pp. 1–7. Dostupno na:
https://www.academia.edu/1086019/Acoustic_radiation_properties_of_ancient_greek_masks.
- Turnbull, D., 2002. Performance and Narrative, Bodies and Movement in the Construction of Places and Objects, Spaces and Knowledge: the case of the Maltese megaliths. *Theory, Culture and Society*, pp.125–143.
- Thiersch, A., 1904. *Proportion in der Architektur. Ein Versuch zur Wiederherstellung der Lehre von der Analogie - HDB der Architektur, Teil IV*, Stuttgart.
- Thompson, E., 2004. *The Soundscape of Modernity: Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900-1933*, London: The MIT Press.
- Ђоровић, В., 2005а. *Илустрована историја Срба II*, Београд: Политика.
- Ђоровић, В., 2005б. *Илустрована историја Срба III*, Београд: Политика.
- Feld, S. & Brenneis, D., 2004. Doing Anthropology in Sound. *American Ethnologist*, 31(4), pp.461–474.
- Филозоф, К., 1936. Житије деспота Стефана Лазаревића. У *Старе српске биографије XV и XVII века*. Београд: Српска књижевна задруга.
- Haddad, N. & Akasheh, T., 2006. Vitruvius and ancient theatres. U *ERATO project Symposium, Proceedings*.
- Haddad, N., Jamhawi, M. & Akasheh, T., 2003. Relations between Ancient Theatres, Landscape and Society. U *Second International Conference on Science & Technology in Archaeology & Conservation, 7-12 December 2003, Jordan*. pp. 243–256.
- Haddad, N.A., 2008. Reviving the Architectural and Acoustical Theatre Heritage: the Role of ERATO Project. , pp.421–434. Dostupno na:
<https://eis.hu.edu.jo/Deanshipfiles/conf10271642.pdf>.
- Halverson, J. et al., 1987. “Art for Art s Sake in the Paleolithic” by J. Halverson [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, 28(1), pp.63–89.
- Хамваш, Б., 1999. *Scientia sacra*, Београд: Геопоетика.
- Harvud, R., 1998. *Istorija pozorišta - Ceo svet je pozornica*, Beograd: CLIO.
- Нау, D.R., 1856. *Science of beauty as developed in nature and applied in art*, Edinburgh and London: William Blackwood and Sons. Dostupno na:
<http://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5QadhZnC41vxArgBSAmauT3IW6TIWfbvkexZaIQcsms5zFNsd1XwGQMeawtVFncUSJdf02o45>

PLpUSY0QQ4loQm-NJWMF_LD0mM-X-
GVa2dppxf5ZcGFqU9EVnflMMz21aNejzJx6olJlHkCNhaBhJyiHsXWb5Ir3TC42oA
6dYm3h_Np3twXAcYLh8KxZ-CAXrMIs4v.

- Hol, M.P., 2013. *Tajna učenja svih epoha - Enciklopedijski pregled masonske, hermetičke, kabalističke i rozenkrojcerske simboličke filozofije*, Beograd: Methaphysica.
- Howard, D. & Longair, M., 1982. Harmonic Proportion and Palladio's "Quattro Libri." *Journal of the Society of Architectural Historians*, 41(2), pp.116–143.
- Howard, D. & Moretti, L., 2009. *Sound and Space in Renaissance Venice - Architecture, Music, Acoustics*, New Haven and London: Yale University Press.
- Hume, D., 1775. Of the Standard of Taste. Dostupno na: <http://www.econlib.org/library/LFBooks/Hume/hmMPL23.html> [Accessed January 1, 2016].
- Hunt, F.V., 1992. *Origins in Acoustics - The Science of Sound from Antiquity to the Age of Newton*, New York: Acoustical Society of America.
- Цамблак, Г., 1936. *Живот Стефана Дечанског*, Београд.
- Carvalho, A., Desarnaulds, V. & Loerincik, Y., 2002. Acoustic Behavior of Ceramic Pots Used in Middle Age Worship Spaces – a Laboratory Analysis. U *Ninth International Congress on Sound and Vibration, Icsv9*. Orlando, USA: The International Institute of Acoustics and Vibration, pp. 1–8.
- Cirillo, E. & Martellotta, F., 2007. Acoustics and architecture in Italian Catholic churches. U *International Symposium on Room Acoustics: Satellite Symposium of the 19th International Congress on Acoustics, Seville, 10-12 September 2007*.
- Conger, G.P., 1922. *Theories of Macrocosms and Microcosms in the History of Philosophy*, New York: Colombia University Press.
- Cook, I.A., Pajot, S.K. & Leuchter, A.F., 2008. Ancient Architectural Acoustic Resonance Patterns and Regional Brain Activity. *Time and Mind: The Journal of Archaeology Consciousness and Culture*, 1(1), pp.95–104.
- Cocchi, A., 2013. Theatre design in ancient times: Science or opportunity? *Acta Acustica united with Acustica*, 99(1), pp.14–20.
- Crnčević, D., 2008. Graditeljsko delo, kontekst, značenje: Pristupi proučavanju na primeru Moravske Srbije. *Istorijski časopis*, LVII, pp.93–106.
- Crocker, R.L., 1963. Pythagorean Mathematics and Music - part I. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 22(2), pp.189–198.
- Crocker, R.L., 1964. Pythagorean Mathematics and Music - part II. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 22(3), pp.325–335.
- Crunelle, M., 2009. Is There an Acoustical Tradition in Western Architecture? U *PROHITECH 09: proceedings of the International Conference on Protection of*

- Historical Buildings*. Rim, pp. 1115–1120.
- Chalmers, J., 1993. *Divisions of the Tetrachord*, Hanover, New Hampshire: Frog Peak Music.
- Chourmouziadou, K. & Kang, J., 2008. Acoustic evolution of ancient Greek and Roman theatres. *Applied Acoustics*, 69(6), pp.514–529.
- Чајкановић, В., 1973. *Мит и религија у Срба*, Београд: Српска књижевна задруга.
- Чанак, М., 2009. *Математика и музика: истина и лепота - једна златна хармонијска нит*, Београд: Завод за уџбенике.
- Чанак-Медић, М., 2006. *Архитектура друге половине XIII века, I*, Београд: Републички завод за заштиту споменика културе Београд.
- Waller, S., 1994. Acoustical Studies of Rock Art Sites on Three Continents. U *From Rock Art to Tribal Art: A Global Perspective*. pp. 1–13.
- Waller, S., 2014. Auditory Illusions in the Soundscapes of Rock Art and Stonehenge. U *Archaeoacoustics: The Archaeology of Sound*. pp. 99–106.
- Waller, S., 2002. Psychoacoustic Influences of the Echoing Environments of Prehistoric Art. U *First Pan-American/Iberian Meeting on Acoustics, Cancun*. Cancun, Mexico. Dostupno na: <http://acoustics.org/pressroom/httpdocs/144th/Waller3.htm>.
- Waller, S.J., 2012. Thunderous reverberation and rock art thunderstorm imagery. U *L'art pléistocène dans le monde = Arte pleistoceno en el mundo [actes du congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010]*. pp. 1725–1740.
- Watson, A. & Keating, D., 1999. Architecture and sound: an acoustic analysis of megalithic monuments in prehistoric Britain. *Antiquity*, 73(280), pp.325–336.
- Wittkower, R., 1971. *Architectural Principles in the Age of Humanism*, New York: W.W. Norton & Company, Inc.

Биографија ауторке

Зорана Ђорђевић (1983) запослена је, као истраживач сарадник, на Институту за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду. Ради на пројекту „Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерациске перспективе“ (ОИ 179048), финансираном од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја (2011–2016).

Звање дипломираног инжењера архитектуре стекла је на Архитектонском факултету у Београду 2008. године. За потребе докторске дисертације боравила је, као гостујући истраживач, на Универзитету у Ослу, Центар за развој и животну средину (*University of Oslo – Center for the Development and the Environment*), и на Универзитету у Кејптауну (*University of Cape Town – Department of Civil Engineering*).

Уже области научног и академског интересовања укључују: историју српске средњовековне архитектуре, археоакустику, филозофију природе и заштиту наслеђа. Ауторка је више научних радова у домаћим и међународним часописима и зборницима.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Зорана Ђорђевић

Број индекса: 01/09

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Принципи и историја односа архитектуре и акустике

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 7. 7. 2016. године

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Зорана Ђорђевић

Број индекса: 01/09

Студијски програм: Историја и филозофија природних наука и технологије

Наслов рада: Принципи и историја односа архитектуре и акустике

Ментори: проф. др Александар Петровић и
проф. др Драгана Шумарац Павловић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

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

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, 7. 7. 2016. године

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Принципи и историја односа архитектуре и акустике

која је моје ауторско дело.

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

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

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

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

Потпис аутора

У Београду, 7. 7. 2016. године

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.