



[1] 2013 1[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

093-105

Прегледни научни рад | Review paper

UDK I UDC 004.42:72.01

DOI 10.7251/AGGPLUS1301094S

Рад примљен | Paper received 15/11/2013

Рад прихваћен | Paper accepted 25/12/2013

Милена Ставрић

Institut für Architektur und Medien, TU Graz, Inffeldgasse 10/2

Маја Илић

Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањалуци, Војводе Степе Степановића 77/3, Бањалука

Драгана Стокић

Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањалуци, Војводе Степе Степановића 77/3, Бањалука

ДИДАКТИЧКИ МЕТОД –
ИЗУЧАВАЊЕ ДИГИТАЛНИХ
МЕТОДА ПРОЈЕКТОВАЊА И
РЕАЛИЗАЦИЈА ПРОЈЕКТА
МАЛЕ РАЗМЈЕРЕ

DIDACTIC METHOD –
RESEARCH OF DIGITAL
DESIGN METHODS AND
IMPLEMENTATION OF
SMALL SCALE PROJECT

Прегледни научни рад
Review paper
Рад примљен | Paper accepted
25/12/2013
УДК | UDC
004.42:72.01
DOI
10.7251/AGGPLUS1301094S

Милена Ставрић

Institut für Architektur und Medien, TU Graz, Inffeldgasse 10/2

Маја Илић

Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањалуци, Војводе Степе Степановића 77/3, Бањалука

Драгана Стокић

Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањалуци, Војводе Степе Степановића 77/3, Бањалука

ДИДАКТИЧКИ МЕТОД – ИЗУЧАВАЊЕ ДИГИТАЛНИХ МЕТОДА ПРОЈЕКТОВАЊА И РЕАЛИЗАЦИЈА ПРОЈЕКТА МАЛЕ РАЗМЈЕРЕ

АПСТРАКТ

У овом раду биће представљен концепт и резултати постигнути на предмету Визуализација и моделовање 2 на Архитектонско-грађевинском факултету у Бањалуци. Циљеви овог предмета јесу да се студенти упознају са дигиталним и аналогним методама дизајна, визуализације и дигиталне фабрикације. С обзиром на комплексност циљева предмета, дидактички приступ заснован је на интензивном петодневном раду са студентима који се одвија у оквиру радионице. Радионице које су до сада одржане имале су различите теме пројектних задатака прилагођене по свом обиму тако да се цјелокупни процес од пројектовања до реализације може остварити у оквиру петодневног интензивног рада са студентима.

Кључне ријечи: *архитектонско образовање, аналогни и дигитални алати, процес дизајна, дигитална фабрикација, моделовање*

DIDACTIC METHOD – RESEARCH OF DIGITAL DESIGN METHODS AND IMPLEMENTATION OF SMALL SCALE PROJECT¹

ABSTRACT

This paper presents the concept and the results achieved in the course Visualization and Modeling 2 at the Faculty of Architecture and Civil Engineering in Banja Luka. The objectives of this course are to familiarize students with digital and analogue methods of design, visualization, and digital fabrication. Given the complexity of the case objectives, didactic approach is based on an intensive five-day work with students, taken place in a workshop. The held workshops have had different topics adapted in the scope so that the entire process from design to implementation can be achieved within five days of intensive work with students.

Keywords: *architectural education, analog-digital tools, design process, digital fabrication, modeling*

¹ Текст овог рада је претходно објављен на енглеском језику и измијењеној варијанти под насловом “Architectural scale model in digital age – design process, representation and manufacturing” у Physical Digitality – Proceedings of the 30th International Conference on Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe, Volume 2. (Prague: Faculty of Architecture, 2012), 33–43.

1. УВОД

Дигитални медији се интензивно користе у архитектонском образовању на универзитетима широм свијета. Они се данас користе од процеса пројектовања до реализације. Данас је на тржишту доступан велики избор софтвера и plugin-ова, који помажу архитектама у разним фазама пројектовања отварајући им нове могућности да представе и актуализују своје идеје.

Дигитално доба представља изазов не само у пројектовању објеката, већ и у производњи појединачних елемената објеката и њиховој уградњи. Дигиталне технологије мијењају архитектонску праксу на начине које је прије само двадесет година мало ко био у стању да предвиди. У домену концепта, рачунарска архитектура, дигитални, тополошки и неевклидски геометријски простор, кинетички и динамички системи и генетски алгоритам, потискују технолошку архитектуру. Дигитално изведен процес пројектовања карактеришу динамичне, отворене и непредвидиве трансформације тродимензионалне структуре, које отварају нове архитектонске могућности.

Кориштење дигиталних техника за потребе пројектовања отвара нова питања из домена архитектонског образовања. С једне стране, ту је питање како пренијети "традиционално" архитектонско знање и како се нове дигиталне могућности могу укључити у процес пројектовања. С друге стране, ту је и питање кориштења софтвера на прави начин како би се дигиталне методе адекватно укључиле у архитектонски дизајн. Ово питање је још актуелније, јер су софтвери у исто вријеме постали и једноставнији и сложенији – једноставнији у погледу интуитивности кориштења, а комплекснији у смислу непрегледности, јер садрже велики број различитих функција како би привукли већи број различитих корисника. Самим тим, неминовно је да се преиспитају "основне компетенције" архитекте и његов положај у односу на "дигиталну машинерију" која доминира на тржишту.

2. ДИГИТАЛНИ ДИЗАЈН И "НЕСТАНДАРДНА" АРХИТЕКТУРА

Дигиталне технике нуде низ могућности, од 3Д моделовања, преко параметричког пројектовања до визуализације архитектонских концепата. Кориштење дигиталних алата помаже у развоју креативности и генерисању нових форми и њихових међусобних односа. Истовремено, архитектонски дизајн је постао веома сложен и често технички развој грађевинске индустрије данас не дозвољава актуелизацију нестандартних архитектонских облика – облика које карактерише виши степен сложености [1][7]. Данас је овај процес олакшан компјутеризацијом која је у почетку замјењивала механичке функције архитекте, али данас све више узима маха и у "програмирању" објеката, те оно што је некада била техника, данас се може назвати методом. Проналажење праве мјере у погледу сложености и сврсисходности дигиталног дизајна и могућност ефикасне и изводљиве изградње оваквих објеката представља изузетно комплексан низ питања која морају бити саставни дио студентског образовања.

Проблем афирмације нових нестандартних форми лежи у недостатку норми у смислу њихове изградње кориштењем традиционалних грађевинских материјала, као што су дрво, бетон и челик [10]. Норме које се тренутно користе стандардизовале су оне структурне облике и системе који су потврђени експериментима и у пракси, и било који облик који одступа од ових норми у погледу структурних особина представља изазов и захтијева нови приступ рјешавању проблема. Интердисциплинарна истраживања, комбинујући напоре архитеката, инжењера и технолога, треба да дефинишу нове стандарде, класификују форме, анализирају утицај и дјеловање оптерећења, оптимизују форме и структуре, испитају везе између различитих елемената уз употребу што већег броја макета у реалној размјери [6].

Први корак у овом комплексном процесу је образовање студента. У раду са студентима, неопходно је критички представити предности и мане дигиталних метода пројектовања; такође, студенти морају имати могућност да сами дизајнирају и моделују дигиталне 3Д моделе, направе аналогне моделе и тако из прве руке стекну искуство о сложености ових проблема. Овај процес захтијева комбиновање традиционалног архитектонског знања са дигиталним дизајном [5] [8]. Овај процес у данашњим условима треба посматрати као интегрални процес, без стриктне подјеле на аналогни и дигитални метод. Основна разлика је да данас користимо различите алате који су доступни и да их интегришемо у процес дизајна.

На Архитектонско-грађевинском факултету у Бањалуци у оквиру предмета Визуализација и моделовање 2 осмишљен је дидактички метод у интеграцији различитих техника а у настојању да се уведу нове методе наставе дигиталног пројектовања. Програм је потврдио свој концепт у претходне четири године имплементације преко сталног усавршавања и модификације на основу стеченог искуства наставника који су укључени у реализацију предмета. У овом раду су приказани резултати на четири одржане радионице.

Да би се успјешно и адекватно служили дигиталним техникама, студенти треба да савладају основе математике и геометрије. У току прва два семестра на првој години основних студија, студенти уче основе више математике. Курс покрива теме везане за просторну конфигурацију (математика, векторска трансформација матрица и параметарске криве и површи). Паралелно са овим курсом, студенти похађају и курс нацртне геометрије, гдје анализирају геометријска тијела, просторне односе и односе између различитих тијела у датом простору, а користе аналогне технике за рјешавање различитих проблема просторне геометрије (продор правих кроз равни, услови ортогоналности, равни пресјечи рогастих и облик тијела, различите врсте пројекција). Један од циљева овог курса је унапређење просторних способности студената и повезивање претходно стеченог знања из математике са практичним проблемима архитектонског пројектовања. Трећи дио овог програма одвија се у трећем семестру, када студенти похађају курс из визуализације и моделовања у форми радионице, која представља синтезу претходно стечених основа. Радионица је први сусрет студената са дигиталним методама моделовања, а кроз осмишљени задатак студенти пролазе кроз процес дизајна користећи паралелно аналогне и дигиталне технике. До краја радионице, студенти производе дигитално дизајниран објекат или предмет, који такође треба адекватно да презентују.

3. ВИЗУАЛИЗАЦИЈА И МОДЕЛОВАЊЕ

Курс под називом *Визуализација и моделовање* уведен је у наставни план студијског програма Архитектура на Архитектонско-грађевинском факултету у Бањалуци, након што је стари наставни план модификован у складу са препорукама Болоњске декларације. На овом предмету студенти се упознају са дигиталним и аналогним методама визуализације, моделовања и презентације који се користе у савременој архитектонској пракси и пројектовању.

Да би савладавање градива на предмету било занимљиво за студенте и како би им се омогућило да се креативно изразе, сваке године радионица има нову тему за постизање циљева предмета Визуализација и моделовање 2. У октобру 2009. одржана је прва радионица под називом 'doghouse' [10], чији су резултати, на задовољство и студената и наставника, довели до одлуке да се радионице организују и наредних година, под називом 'box3' [11], 'digitallight' [12] и 'cell' [13].

4. МЕТОДОЛОГИЈА

Пошто је овај курс прва прилика за студенте да уче о дигиталним методама моделовања и презентације, настава у форми интензивног рада са студентима је предуслов за реализацију циљева предмета. Студенти су фокусирани на једну тему у временском распону од пет дана, а уз интензивну помоћ наставника у могућности су да прођу кроз комплетан процес дизајна – од прве скице до израде модела. У радионици се преплићу аналогне и дигиталне технике, а главни циљ је повезивање знања које студенти већ имају са процесом дигиталног дизајна (табела 1). Метод који се користи у радионици је "learning by doing" (учење кроз рад), који подстиче студентску интеракцију, доводи до сталног преиспитивања концепта и учења на основу примјене знања које су савладали у претходним фазама [4] [9]. Радионица траје пет дана, а сваки дан се обрађује другачија фаза у процесу дизајна. Будући да се радионица одржава на почетку трећег семестра, студенти још увијек нису довољно упознати са сложеним архитектонским дизајном, те су теме одабране за радионицу предмети мале размјере али с адекватним нивоом комплексности израде, конструкције и обликовног рјешења. Теме покривене у досадашњим радионицама су кућица за псе ('doghouse'), кутија за паковање ('box'), лампа ('digital light') и ћелијске структуре ('cell housing').

Табела 1. Проблем истраживања, методологија и алати

	Проблем истраживања	
	Преношење архитектонског знања	Укључивање потенцијала и предности дигиталног моделовања у стваралачки процес
методологија	Посредно учење, интеракција студент–наставник, <i>learning by doing</i>	Стална веза и корелација аналогних и дигиталних техника, узајамна зависност и потреба у процесу пројектовања
алати	Интензивна обрада одабраних тема у кратком периоду	Употреба алата за префабрикацију, у овом случају ласерског сјекача
предложени модел наставе	радионица	
резултати	Искуства комплексности архитектонског пројектовања; објекат који је физички материјализован	Савладавање дигиталних метода пројектовања и представљања архитектонског објекта

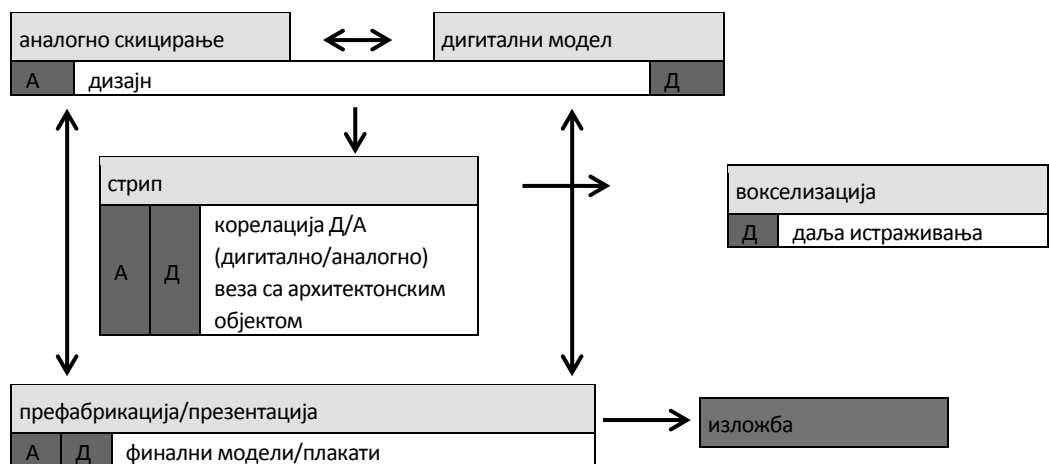
На почетку, студенти су подијељени у три групе и свака група креће у процес пројектовања са различитог аспекта. Тако прва група почиње од скицирања, друга од аналогног моделовања, а трећа од дигиталног модела. Свака од група пролази сваки од ових аспеката, али у различитој фази пројектовања. Овај приступ омогућава студентима да увиде да процес дизајна може бити веома различит и да покушају да нађу начин који је њима лично најпогоднији за рад. Интеракција ова три приступа показала се као изузетно корисна за студенте, јер су они подстакнути да константно анализирају и унапређују своје пројекте.

5. СТРУКТУРА РАДИОНИЦЕ

Без обзира на изабрану тему, радионица је конципирана кроз пет модула који се обрађују по данима. Дозвољене су минималне промјене у одређеним модулима (фазама). Појединачни дани су организовани по сљедећим модулима:

1. Аналогно скицирање и радне макете
2. Дигитално моделовање и дизајн (CAD)
3. Стрип (DTP)
4. Дизајн у контексту (CAD + DTP)
5. Израда/фабрикација, презентација рада и отварање изложбе

Модули су предвиђени редосљедом који омогућава студентима да се упознају са процесом пројектовања постепено, кроз балансирану употребу аналогних и дигиталних техника у пројектовању, како би остварили првобитно замишљену идеју о моделу (слика 1). Свака фаза радионице има своје циљеве, али редосљед је ипак довољно флексибилан, како би био у складу са могућностима студената.



Слика 1. Хоризонтална и вертикална корелација тема радионице, аналогног скицирања и дигиталног моделовања

5.1. АНАЛОГНО СКИЦИРАЊЕ И РАДНЕ МАКЕТЕ

Аналогни процес слободноручног скицирања је процес који студентима омогућује прву визуализацију замишљеног пројекта. Ово је најбржи начин анализе форме и функције те стварања варијантних рјешења у идејној фази пројекта.

У овој фази студенти праве радне моделе. Могу да бирају између више материјала (картон, папир, стиропор) и алата за резање. Након анализе форме, паралелно са њиховим нацртима, студенти стварају планарне мреже првих просторних модела. У почетку, овај задатак се чини лаким, али оно што је заиста изазовно јесте моделовање радних макета, односно проблем развоја тродимезионалног модела у планиметријске површи како би се модел израдио од дводимензионалног материјала (узимајући у обзир дебљину и својства изабраног материјала).

У овој фази студенти морају бити опрезни како би се оптимизовала конструкција пројекта и количина материјала потребног за израду. Овај задатак захтијева трансформацију просторног модела у равански цртеж и обрнуто. Такође се развија способност студената за

просторну трансформацију и примјењује се директно знање из нацртне геометрије које су студенти стекли у преходном семестру. За радне моделе користи се материјал који је планиран и за завршну израду, тако да студенти могу да реагују одмах уколико уоче евентуалне грешке у дизајну, те постају свјесни проблема који могу настати у фази коначне израде (слика 2).

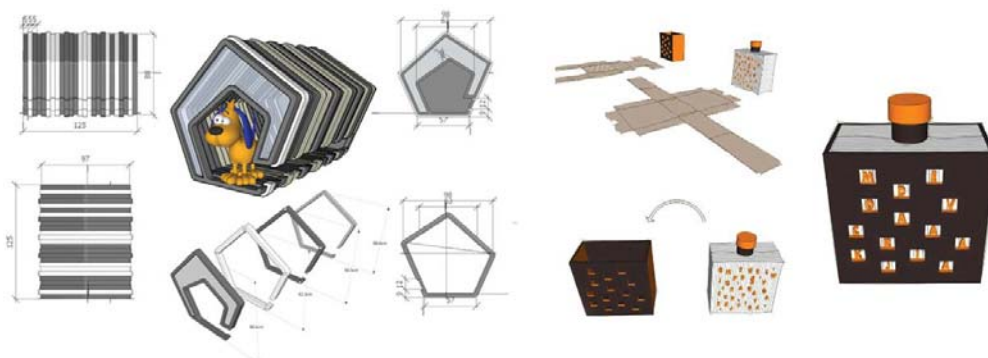


Слика 2. Радне скице, анализа форме и радни модели студентских радова

5.2. ДИГИТАЛНО МОДЕЛОВАЊЕ И ДИЗАЈН

Друга фаза радионице је дигитално 3Д моделовање и разрада концепта. Од мноштва 3Д софтвера доступних на тржишту, аутори радионице су се одлучили да користе Google SketchUp. Овај софтвер је веома једноставан за 3Д моделовање, а уједно смањује и групише функције које нуде традиционални CAD софтвери (copy-array, scale-mirror, rotate-polar array, boolsche operation-intersection). Интуитивност моделовања у тродимензионалном простору коју нуди SketchUp изненађује својом једноставношћу и у потпуности задовољава потребе постављених задатака. У поређењу са традиционалним приступом учења AutoCAD-a, гдје је кориснику дозвољено да пређе на 3Д функције тек након савладавања 2Д цртежа, моделовање у SketchUp-у има далеко интуитивнији приступ учењу CAD-a јер заједно користи 2Д и 3Д моделовање, без одвајања 2Д презентације од 3Д модела. Овакав приступ, када студенти тек почињу да уче CAD, не умањује њихову креативност, јер они не би требало да се фокусирају на савладавање софтвера и његових функција, већ на разраду својих идеја. Поред тога, у погледу процеса пројектовања, студенти су свјесни пројекта у цјелини од самог почетка, и на тај начин развијају осјећај да се сви сегменти пројекта развијају истовремено – концепт, функција, префабрикација, дизајн и презентација. Истовремено, радионица је прилика за студенте да се на критички начин упознају са максималним могућностима SketchUp-a, укључујући и могућност размјене формата са другим CAD софтверима. Ако пројекат превазилази могућности које пружа SketchUp (слободна форма), студенти су подржани да користе други софтвер.

Циљ ове фазе радионице је дигитално 3Д моделовање и могуће измјене аналогног модела које су најчешће инспирисане новим дигиталним могућностима. Приликом креирања аналогног модела, студенти често нису вјешти и стрпљиви да реализују своје идеје, или не знају како да их остваре кориштењем задатог материјала. Дигитални дизајн нуди другачију врсту моделовања, гдје идеје могу бити једноставније реализоване (слика 3). Након овладавања дигиталним моделовањем, студенти често добијају нове идеје и суштински мијењају своје почетне пројекте, или су толико подстакнути новим методама да почну цијели пројекат испочетка.



Слика 3. Дигитални модели

5.3. СТРИП

Током ове фазе радионице студенти имају задатак да нацртају стрип на задату тему (слика 4). Стрип, као и архитектура, захтијева поједностављивање и апстракцију елемената, али истовремено и приказивање и наглашавање основне карактеристике изабране сцене. Након уводног предавања о структури, елементима и дигитализацији стрипа [2][3], од студената се тражи да у обиму од три слике одговоре на задатак (Универзитетски кампус, Скривене чари Бањалуке, Игра свјетлости и сјенке, итд). Студенти дигитализују своје слободноручне цртеже, који се тада финализују (завршна фаза обраде) у Photoshop-у.

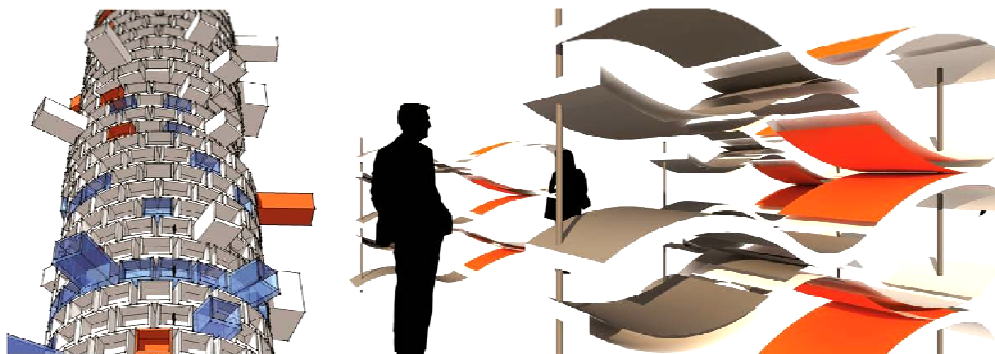


Слика 4. Студентски стрип – од дигитализованог слободноручног цртежа до обојеног стрипа. Тема: „Скривене чари Бањалуке“

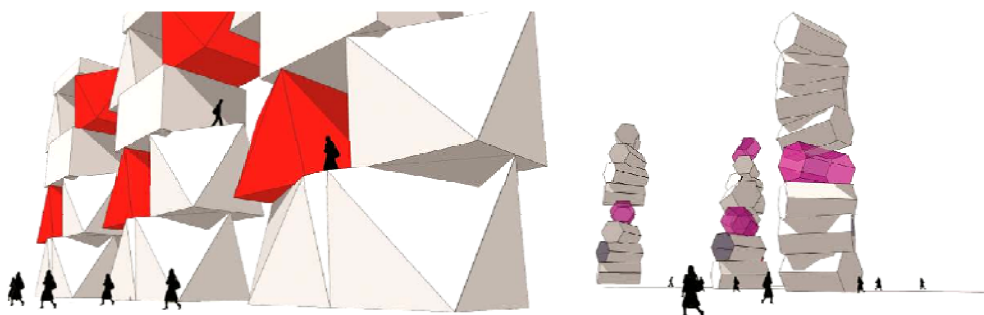
5.4. ДИЗАЈН У КОНТЕКСТУ

Основна идеја која стоји иза ове фазе јесте промјена димензије и архитектонска употреба осмишљеног предмета. Пројекат је добио нову димензију – архитектонског објекта (слика 5, слика 6). Вокселизација – умножавање појединачних издвојених елемената дизајна – доводи до стварања нове просторне структуре, где се пројекат сагледава из потпуно другачије перспективе. Форма комплексног објекта се своди на основне геометријске облике, те се материјализује на другачији начин (чврстоћа, транспарентност), и постаје практично непрепознатљива у новом окружењу. Ова фаза је могућа само у виртуелном окружењу, тако да студенти користе SketchUp како би трансформисали, груписали,

анимирали и мултиплицирали своје објекте. Студенти су од једноставних елемената направили нове објекте, градове, структуре и исказали архитектонску креативност. Модул може постати дио фасадног платна, дио оградe, декоративни дио урбаног мобилијара или намјештаја.



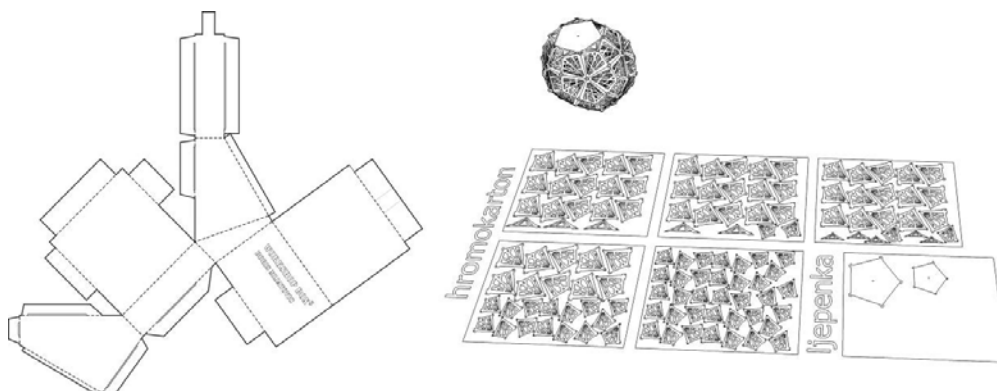
Слика 5. Вокселизација, модификација димензија предмета, груписање појединих елемената



Слика 6. Вокселизација, упрошћавање фомре и ротација елемената дају нове квалитете и дозвољавају флексибилност

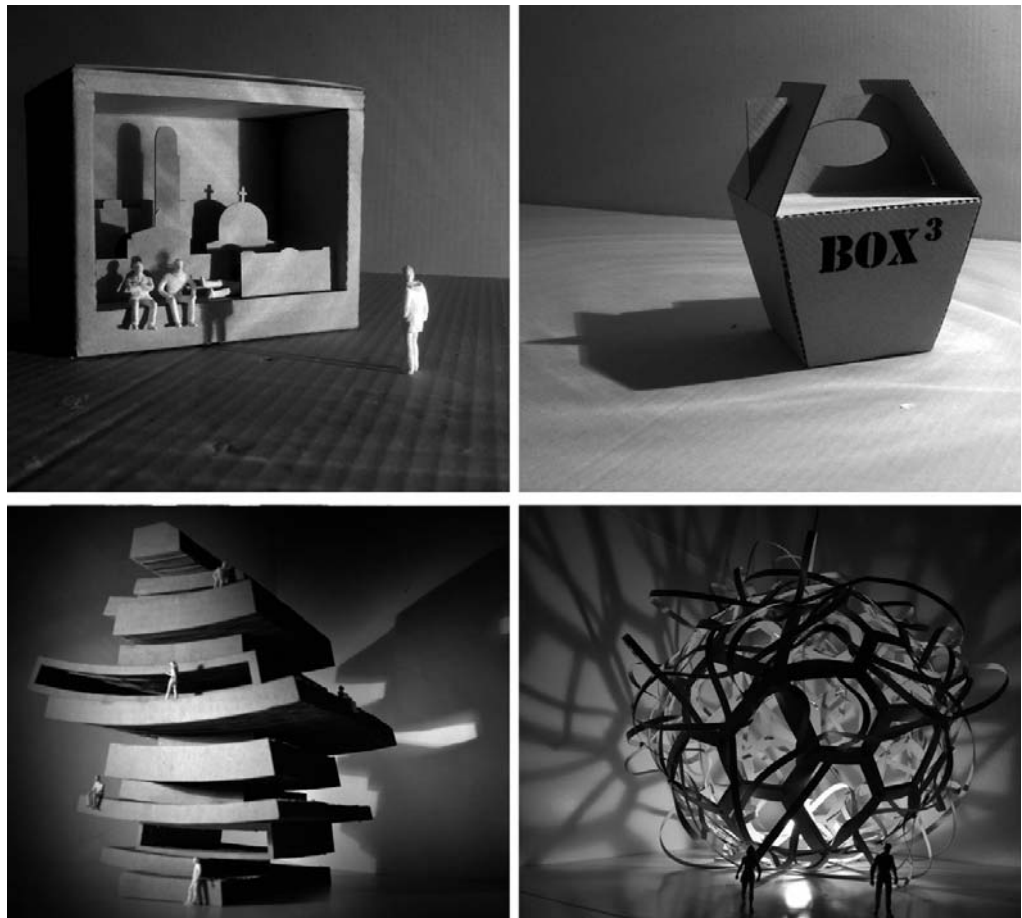
5.5. ФАБРИКАЦИЈА, ПРЕЗЕНТАЦИЈА РАДОВА И ОТВАРАЊЕ ИЗЛОЖБЕ

У посљедњој фази радионице студенти припремају дводимензионалне CAD цртеже за фабрикацију и уче како да користе ласерски сјекач (слика 7). Цртежи су припремљени тако да ласерски сјекач распознаје двије различите функције – сјечење и гравирање.



Слика 7. Мреже модела припремљене за сјечење ласерским сјекачем

На крају, студенти завршавају пројекат тако што представљају комплетан рад на плакату, састављају своје финалне моделе (слика 8) и учествују у организацији и постављању изложбе (слика 9). Цјелокупни рад студената документован је на сајту факултета, на страници предмета, [15] као и укупни рад на радионици да би студенти имали могућност да уче једни од других, што има позитиван утицај на развој креативности.



Слика 8. Финални модели

6. РАДИОНИЦА ВИЂЕНА ОЧИМА СТУДЕНАТА

Након интензивне радионице, увијек постоји неколико питања која захтијевају одговор. Да ли су програм радионице и очекивања наставника испуњени? У којој мјери су студенти могли да усвоје и савладају предвиђену материју у тако кратком времену? Да ли је план радионице био преамбициозан и да ли су студенти адекватно одговорили на пројектни задатак?

На основу студентских резултата и реакције студената, може се закључити да се ова врста "увођења" у дигитално моделовање показала веома успјешном. Током учења, студентима је често потребна помоћ наставника, а радионице могу да обезбиједу овакву врсту интензивног контакта. Сарадња између наставника и студента је на завидном нивоу, јер постоји директан контакт и пренос знања између њих, а истовремено, размјена информација између самих студената је бржа и непосреднија.

Током периода од пет дана, студенти имају прилику да се упознају са различитим дигиталним форматима, који служе као мотивација за будућу индивидуалну надоградњу знања. Методологија кориштена на радионици подразумева наизмјенично предавања и практичан рад, а нове теме и алати кориштени у практичном раду (аналогно-дигиталном) презентовани су свакодневно.

Резултати и предности радионице видљиви су у наредним семестрима. По мишљењу професора који раде са студентима у трећем семестру, резултати су видљиви на самом почетку семестра, посебно у области моделовања. Предности радионице као методе наставе су посебно важне у циљу континуалног, постепеног и усмјереног студија савремене архитектуре који захтијева свијест о cjелокупном процесу – од пројектовања до префабрикације. Подјела радионице на фазе је такође добар показатељ различитих фаза у процесу архитектонског пројектовања.

Такође, поставља се питање да ли су очекивања студената испуњена? Забиљешке које су студенти ставили на плакате и њихова мишљења наведена у овом тексту дају одговор на ово питање:

„Када помислим на претходна четири дана, на вријеме проведено на радионици, оно што ме фасцинира је чињеница да се тако пуно може научити за кратак период. Први дан када сам дошла суочила сам се са празним папиром, непознатим програмима, новим задацима и захтјевним темпом рада, јер све је то требало урадити за само пет дана. Али пут од идеје до реализације је био више него интересантан, позитивна енергија, смијех, добра музика и ентузијазам су оно што је учинило напоран и захтјеван рад интересантним и занимљивим, свакодневно упознавање са новим, мени непознатим стварима ми је вријеме проведено у раду учинило краћим и испуњенијим.“ (студентица: Јелена Марић)

„Кроз дружење, подршку асистената и професора, упознали смо се са видовима графичких комуникација и свеукупне графичке стилизације. Проучавали смо и развој цртежа и начине обликовања и организовања. Радионица је испунила сва наша очекивања, користили смо програме за графичку презентацију идеја, исцртавали графичке замисли, дружили се, радили у тиму и уживали. Ентузијазам и подршка професора и асистената увелико су омогућили услове за креативан и инспиративан рад.“ (студентице: Милица Бајић и Јована Вујновић)



Слика 9. Изложбе студентских радова

7. ЗАКЉУЧАК

Нови трендови у области архитектуре подстакнути употребом дигиталних медија за пројектовање и префабрикацију појединачних дијелова објеката покрећу нова питања везана за образовање студената. Процес дизајна објеката нестандартне архитектуре повезан је са дигиталним методама, технолошким могућностима префабрикације појединих дијелова конструкције, међусобних спојева, као и процеса производње. Дакле, одговарање овим захтјевима подразумијева интеграцију различитих области (конструктивни инжењеринг, геометрија, технологија, познавање материјала, итд.), као и преиспитивање наставног плана и програма традиционалног учења у школама архитектуре.

Радионица описана у овом раду представља модел интегрисане наставе дигиталног дизајна. У исто вријеме, она нуди студентима уводни курс из области дигиталног моделовања. Овај концепт се фокусира на аналогне архитектонске макете и дигиталне методе дизајна и презентације, а највећа предност радионице је у интензивној сарадњи између студената и наставника. Узастопна примјена аналогних и дигиталних метода рада чини процес пројектовања cjеловитим, развијајући компетенције студената на начин који ће бити конкурентан на данашњем инжењерском тржишту.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. K. Bekiroglu, "Assembling Freeform Building in precast Concrete," in *Precast 2010 – Assembling Freeform Buildings in Precast Concrete*, J. Vimbersky i R. Schipper, ed., Delft: Delft University of Technology, 2010, pp. I–VI.
- [2] S. Ditschke, K. Kroucheva, D. Stei, *Comics: Zur Geschichte und Theorie eines populärkulturellen Mediums*, Bielefeld: Transcript, 2009.
- [3] J.F. Dittmar, *Comic-Analyse*. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft mbH, 2008.
- [4] J. Drake, "The Primary Generator and the Design Process," in *New Directions in Environmental Design Research: proceedings of EDRA 9*, Washinon: EDRA, 1978, pp. 325–337.
- [5] J. J. Christopher, *Design Methods: Seeds of Human Futures*. London: John Wiley & Sons Ltd, 1970.
- [6] B. Kolarevic, ed., *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. Abingdon: Taylor & Francis, 2005.
- [7] B. Kolarevic, K. Klinger, *Manufacturing Material effects. Rethinking Design and Making in Architecture*. New York: Routledge, 2008.
- [8] B. Lawson, *How Designers think. The Design Process Demystified*. Oxford: Elsevier, 2006.
- [9] M. Stavrić, P. Šidānin i B. Tepavčević, *Architectural Scale Models in the Digital Age – design, representation and manufacturing*. Wien: Springer, 2013.
- [10] L. Teunissen, "Lean Buliding, Think Precast", in *Precast 2010 – Assembling Freeform Buildings in Precast Concrete*, J. Vimbersky i R. Schipper, ed., Delft: Delft University of Technology, 2010, pp. V–VI.
- [11] www.agfbl.org/vim2/doghouse2009
- [12] www.agfbl.org/vim2/box2010
- [13] www.agfbl.org/vim2/dlight2011
- [14] www.agfbl.org/vim2/cell2013
- [15] www.agfbl.org/index.php?option=btg_predmet&idpredmet=15