

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

мр Слађана Р. Марковић

**ПОЗИЦИОНИРАЊЕ АРХИТЕКТЕ У ПРОЦЕСУ  
ПРОЈЕКТОВАЊА И РЕАЛИЗАЦИЈЕ  
АРХИТЕКТУРЕ ПО ПРИНЦИПУ „ДИГИТАЛНОГ  
ЛАНЦА“**

докторска дисертација

Београд, 2016

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

мр Слађана Р. Марковић

**ПОЗИЦИОНИРАЊЕ АРХИТЕКТЕ У ПРОЦЕСУ  
ПРОЈЕКТОВАЊА И РЕАЛИЗАЦИЈЕ  
АРХИТЕКТУРЕ ПО ПРИНЦИПУ „ДИГИТАЛНОГ  
ЛАНЦА“**

докторска дисертација

Београд, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF ARCHITECTURE

Sladjana R. Marković, MSc

**POSITIONING OF ARCHITECT IN PROCESS OF  
DESIGN AND REALISATION OF ARCHITECTURE  
ON PRINCIPLES OF “*DIGITAL CHAIN*”**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

Ментор:

Проф. Зоран Лазовић, редовни професор  
Универзитета у Београду, Архитектонског факултета

Чланови комисије:

Академик Бранислав Митровић, професор емеритус  
Универзитета у Београду, Архитектонског факултета

Проф. Др Лудгер Ховештадт (Ludger Hovestadt), редовни професор  
Државног техничког Универзитета у Цириху (ETHZ), Департмана за архитектуру

Проф. Др Мариела Цветић, ванредни професор  
Универзитета у Београду, Архитектонског факултета

Др Игор Светел, научни сарадник,  
Иновациони центар Машинског факултета у Београду

Датум одбране:

---

Београд

## ЗАХВАЛНОСТИ

Захваљујем се свом ментору, Проф. Зорану Лазовићу, који је прихватио изазов у раду на теми моје дисертације и који је у сваком тренутку био спреман да ми изађе у сусрет и на себи својствен начин ме подржи и пружи подстрек у раду, са широким, а јасно усмереним коментарима у смислу приступа тези, као и карактером за дозвољено *обарање руку* у сукобу и синтези мишљења, само са добром намером и у циљу постизања што вишег нивоа дисертације.

Захваљујем се свом дугогодишњем професору и пријатељу Проф. Браниславу Митровићу на безусловној подршци, коју ми је како у целокупном досадашњем академском и професионалном раду тако и у изради докторске тезе пружио, као и за знање и ентузијазам, које ми у дугом низу година едукативно, професионално и пријатељски преноси и који ме и држе и подстичу, да у свом животу, архитектури и научном раду увек покушам да одем корак даље.

Захваљујем Проф. Др Лудгеру Ховештадту (Ludger Hovestadt) са ETHZ, за *нелцер* дигиталне архитектуре. Само део тога су стална подршка и присуство у мом раду, иако на другој дестинацији, као и остваривање свих мојих могућих и немогућих идеја, што се, пре свега, односи на долазак на ETHZ и отварање потпуно нових истраживачких и професионалних видика. Овај докторат је резултат свега тога и укључења мене саме у „*дигитални ланац*“.

Проф. Др Мариели Цветић се захваљујем на пријатељству и подршци у раду на овој интердисциплинарној теми, чија ме помоћ у истраживању архитектонског простора држала и у домену уметничког у оквиру једне, наизглед техницистичке теме, отварајући и правце испитивања креативности архитектате/уметника при употреби и контроли дигиталног медија у процесу пројектовања и реализације идеје.

Др Игору Светелу се захваљујем на пријатељству и безрезервној подршци уз огромну количину позитивне енергије при раду на овој теми, као и помоћи у истраживању везаном за дигитални утицај у процесу пројектовања и реализације архитектуре, проналажењу адекватних референтних извора и приступу проблему, што је све заједно допринело унапређењу дисертације.

Др Георгу Врахлиотису (Georg Vrachliotis) се и данас захваљујем на једном давно пријатељски указаном путу и првим разговорима тематски везаним за развој магистарске тезе и конструктивним коментарима, који су довели и до финализације докторске тезе.

Захваљујем се својој другарици и пословном партнеру и *саватнику* Биљани Бегенишић, која је увек подржавала мој научни рад, и преузимајући заједничке пословне обавезе у кључним тренуцима и верујући у мене безусловно, иако је то често било и ван њене моћи.

Захваљујем се свом пријатељу Јовану Манићу – Сметанјуку за свакодневну подршку и подстицај, многобројна решења ситуација *lost in translation*, као и превод резимеа на енглески језик.

Захваљујем се својој другаришци Јелени Грујин, која је све време израде тезе била уз мене и подржавала ме, како вербално тако и својом личном борбом и радом.

Својој другарици Дубравки Секулић захвална сам за све трансфере материјала докторске дисертације на путу Београд-Цирих, као и на дугогодишњој подељеној мисли на свим пољима.

Захваљујем се свим својим цимеркама из Цириха, сада већ дугогодишњим пријатељицама, пре свега Ани Бек (Ana Beck), Најтини Па-Ин Рута (Naithinee (Pa-In) Ruta), Квиви Галагер (Saoimhe Gallagher) и Јулији Ивановој (Yuliya Ivanova), са којима пријатељство траје, а подршка не изостаје ни на удаљености.

Захваљујем се и свим својим пријатељима, који су у одређеним тренуцима имали различит позитиван утицај на мене и мој рад, и чије је несебично пријатељство мене учинило богатијом особом и много ми значи. Међу њима издвајам: Биљану Бегенишић, Јована Манића - Сметанјук, Јелену Грујин, Дубравку Секулић, Данијелу Станојевић, Илију Бегенишић, Александру Сметанјук, Наташу Матовић, Весну Владисављевић, Неду и Раду Михајловић, Наташу Ђурић, Александра Бурсаћа, Јелену Миздрак, Весну Милу Чолић, Ану Вебер (Anna Weber), Јаел Жиро-Ифра (Yael Girot-Ifrac), Пиу Фрикер (Pia Fricker), Клаудију Фур (Claudia Fuhr) и Монику Анен (Monika Annen).

Посебну захвалност изражавам својој пријатељици госпођи Драгици Томчић, аташеу за привреду у Амбасади Швајцарске у Београду, која у дугом низу година на најразноврсније начине подржава мој рад и искрено верује у мене.

Њеном иницијативом, пријава и одбрана докторске тезе је финансирана од стране компаније СИКА д.о.о. Искрено се захваљујем директору Драгану Максимовићу и декану Архитектонског факултета Проф. Др Владану Ђокићу, који су целокупну процедуру омогућили и спровели у дело.

Уз велику административну и, пре свега, пријатељску подршку госпођа Весне Мулић и Валентине Мишковић, које су више него успешно решиле, само наизглед са лакоћом, све препреке на које сам наишла и подржавале ме константно, докторска теза је урађена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

Свом брату Срђану се захваљујем што је увек ту и прати ме када је потребно, као и на испуњењу немогућих мисија са веома кратким роковима везаним за остварење ове тезе.

Својој Баки Даници се захваљујем што одувек чини мој живот детињством, које траје и данас...

И на крају, али никако најмање, неизмерно и са великом љубављу за све што сам постигла и што јесам захваљујем се својим родитељима – мајци Љиљани, која је заједно са мном проживела сваки моменат израде доктората и вечној успомени на оца Радомира, којима докторску дисертацију посвећујем.

## ПОЗИЦИОНИРАЊЕ АРХИТЕКТЕ У ПРОЦЕСУ ПРОЈЕКТОВАЊА И РЕАЛИЗАЦИЈЕ АРХИТЕКТУРЕ ПО ПРИНЦИПУ „ДИГИТАЛНОГ ЛАНЦА“

### РЕЗИМЕ

Поставка пројектовања и реализације архитектуре данас се не може посматрати одвојено од новонастајуће архитектуре (енгл. *emerging architecture*), која је базирана на дигиталној технологији. Дигитална технологија је првенствено утицала на презентацију архитектуре, док је временом почела да представља и алат за пројектовање са директном везом са реализацијом, која је преко различитих дигиталних техника успостављала континуитет „*дигиталног јаз*а“ између пројектовања и реализације архитектуре. Са карактеристикама континуалне везе, однос пројектовање – реализација се све више манифестује као CAD/CAM технологија и најчешће истражује као принцип „*дигиталног ланца*“. Првенствено, термин „*дигиталног ланца*“ дефинисан је и истраживан (теоретски, експериментално и практично) на СААД катедри на ЕТХ Цирих (нем. ЕТН Zuerich) у оквиру научних пројеката овог института, где се кандидат у оквиру својих почетних тематских истраживања већ бавио прикупљањем истраживачке грађе, успостављањем Терминолошког речника и Каталога референтних полазишта, као и основним објашњењем појма „*дигиталног ланца*“ у пројектовању и реализацији архитектуре. Данас је алат постао неопходан, неминован и активан, а архитекта наизглед пасиван и у нејасној позицији у целом процесу и понуђеном решењу простора и архитектуре. Развој дигиталне технологије у оквиру архитектуре последњих двадесет година даје јаснију слику и могућност истраживања процеса позиционирања архитектуре у архитектонском приступу по принципу „*дигиталног ланца*“, чиме се овај рад и бави. Услед тога је и позиционирање архитектуре у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ непрекидан процес који се развија, напредује, мења и прати развој архитектуре.

Циљ овог истраживања је да се успостави ефикасно, комплексно, одређено и дефинисано пројектовање на бази карактеристика различитих материјала, које континуално води ка серијски лимитираној аутоматизованој реализацији архитектуре, уз креативан и контролисан допринос архитектонске струке у сваком делу архитектонског ланца.



Оперативни циљ овог рада је успостављање места архитекте данас и у будућности, његовим позиционирањем у архитектонском процесу по принципу „*дигиталног ланца*“ као метафоре једног дигиталног приступа у развоју, са акцентом на иновативним, захтевним и архитектонски промишљеним пројектантским решењима уз процес преклапања активности архитекте са конвенционалним приступом (устаљеним, уобичајеним, заступљеним у највећој мери) пројектовању и реализацији архитектуре, углавном заснованим на објашњењима Брајана Лоусона (енгл. Bryan Lawson) – психолога, архитекте и истраживача процеса пројектовања. Успостављање карактеристика архитектонских активности и контролисаних места „*дигиталног ланца*“ од стране архитеката ће допринети убрзавању смислене примене технологије у архитектури, а самим тим и унапређењу пројектне и производне методологије, засноване на поверењу и сигурности архитеката у технолошке иновације.

Принцип „*дигиталног ланца*“ поставио је нове изазове, како архитектонске теорије и праксе тако и методолошке. Методолошки приступ раду изведен је са суштинском идејом да се успостави стратегија глобалне улоге архитекте у новонастајућој архитектури кроз доказивање и имплементацију његових карактеристика као неопходности процеса, који уз сталне промене и напредовања технологије у архитектури и уз паралелно испитивање понашања свих елемената, субјеката и структуре процеса кроз пројекат, има све карактеристике експеримента. У складу са тим методолошки оквир рада је, услед савремености и интердисциплинарности теме, доминантно феноменолошки (херменеутички, епистемолошки и интерпретативан). Уз коришћење квалитативне и компаративне методе, теоретски је постављен на постулате технологије у филозофији и архитектури као науке, које кандидат паралелно развија структуралним и графичким повезивањем са каузалним методама. Квалитативна истраживања претпостављају укљученост истраживача у проблем и предмет истраживања, а у овом случају је управо позиција аутора као хроничара и актера двојног (енгл. dual) процеса – конвенционалног и дигиталног приступа у новонастајућој архитектури, као и двојног научног и пројектантског приступа архитектури уопште, и стартна позиција концепта истраживања.

Информациона основа теме са теоретским поставкама (као први део рада) дата је у прва два поглавља. Формулисана каузалном методом анализе извора и литературе, она представља утврђивање и дефинисање контекста новонастајуће архитектуре, у виду услова: уводног дискурса филозофије технологије у вези са архитектуром и когнитивном теоријом; и комплексности захтева новонастајуће архитектуре; начина: ланца као принципа акције и реакције у дигиталном и стандардном приступу у архитектури, а затим и дефинисања конфликта у односу архитектура – технологија, у којима се тумаче изазови технологије базирани на проблему и решењу, који са собом носе одређена ограничења архитектонског деловања; као и дефинисање дигиталних техника пројектовања, реализације са карактеристикама и понашањем машина и материјала експликативном методом.

Други део ове дисертације је конципиран као квалитативно истраживање, студија „*дигиталних ланаца*“ различитог начина реализације CNC машинама, фабрикације са примерима реализација озбиљних пројектантских захтева и смислене архитектуре, уз успостављање потенцијалних пресечних позиционих тачака; закључака експеримента – искуства и сазанања кандидата о процесу учења и усвајања двојних принципа пројектовања и реализације (примарно конвенционални принцип студирања архитектуре; додатно – принцип „*дигиталног ланца*“ на SAAD мастер курсу, ETHZ) и интервјуа сагледавања искустава субјеката – директних учесника двојних принципа новонастајуће архитектонске праксе и актуелних архитеката дигиталне светске архитектонске сцене (ориг. Matthias Kohler, Mark Burry, Mario Carpo, Robert Aish, Anchim Menges, Fabio Gramazio, DUS architects).

У трећем делу овог рада, квалитативном методом у виду архитектонског утицаја у пројектовању и реализацији архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ – спроводе се закључци паралелних компарација процеса „*дигиталног ланца*“ са демистификованим архитектонским принципом, уз импликацију закључака претходно спроведеног истраживања. Генерални приступ позиционирању архитекте је кроз дефинисање његових неопходних карактеристика и активности: емоција, интуиција, инстинкт; намера, избор одлука; контрола, организација, координација; креативност; флексибилност; комуникација и експертиза, систематски распоређених у тачно одређеним

позицијама – деловима пројектовања и реализације архитектуре по принципу „дигиталног ланца“.

Евалуација резултата је показала да је континуалност „дигиталног ланца“ условљена и увезана управо имплементацијом или постојањем неопходних карактеристика архитектуре у процес пројектовања и реализације архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ и доказала неопходност редефиниције архитектонског процеса увођењем нових активности архитеката (кодирање, креирање алата пројектовања и реализације, дигитална експертиза) у циљу ефикасности целог процеса комплексних захтева у смислу дириговане везе пројектовање – реализација архитектуре. Позиције архитеката покрећу цео ланац као флуид или енергија. Позиционирање архитектуре на архитектонској сцени новонастајуће архитектуре захтева и спремност на експериментални приступ реализацији архитектуре, са сталним истраживањем процеса, машине и материјала и у смислу посматрања и испитивања субјеката, објеката и структуре процеса, уз неминовне промене појава и елемената у циљу унапређења делова процеса и самог процеса.

Научна оправданост овог рада налази се у неопходности и свеобухватности теоријских истраживања у области архитектонског пројектовања, са аспекта односа архитектуре и технологије у смислу развоја и пројектантског процеса решавања комплексних архитектонских проблема, увезаности пројектовања и реализације у архитектури и проширењу интердисциплинарности архитектуре као научне области колективног исказа и професије архитеката уопште.

Глобални закључак је и доказана неопходна редефиниција образовног стандардног архитектонског система, са проширивањем у домен дигиталних приступа пројектовања и реализације архитектуре, као неминовност *дигитално рођених* (енгл. *born digital*) генерација у циљу образовања и усавршавања будућих архитеката у технолошким околностима и атмосфери новонастајуће архитектуре.

**Кључне речи:** архитектура, технологија, дигитално пројектовање – кодирање и реализација, CAD/CAM, „дигитални ланац“, архитекта, позиционирање,

**Научна област:** Архитектура и урбанизам.

**Ужа научна област:** Архитектонско пројектовање и савремена архитектура.

**УДК број:** 72.071:72:004(043.3)

# POSITIONING OF AN ARCHITECT IN THE PROCESS OF DESIGN AND REALIZATION OF ARCHITECTURE BASED ON A PRINCIPLE OF A „DIGITAL CHAIN“

## ABSTRACT

The setting of design and architectural realisation today can not be considered separately from the emerging architecture, which is based on digital technology. Digital technology has primarily affected the architectural presentation, and eventually began to represent a design tool directly connected with the realisation, which was across various digital techniques establishing continuity of a „digital gap“ between the design and the architectural realisation. With the characteristics of continuous connection, this relation design - realization is increasingly manifested as a CAD / CAM technology and the most commonly researched as a „digital chain“ principle. Primarily, the term „digital chain“ is defined and investigated at the CAAD department at ETH Zurich (ger. ETH Zuerich) within the research projects of this institute where the candidate as part of its initial thematic research has already dealt with collecting research material, establishing Term glossary and Catalogue of referenced starting points (publications, institutes and architectural practice), as well as the basic explanation of „digital chain“ term in the design and architectural realisation.

Today the tool has become an indispensable, inevitable and active, and the architect seemingly passive and in an unclear position in the whole process and the offered solution space and architecture. The development of digital technology within the architecture during last twenty years gives a clearer picture and the opportunity to explore the process of positioning the architect in the architectural approach based on the „digital chain“ principle, which this work covers. As a result, the positioning of an architect in the design and architectural realisation based on the „digital chain“ principle is an on going process that is developing, advancing, changing and follows the architectural development.

The aim of the research is to establish an efficient, complex, specific and defined designing based on the characteristics of different materials, which continually leads to the limited series of an automated realisation of architecture in a creative and controlled contribution of the architectural profession in every part of the architectural chain.

The operational objective of this dissertation is to establish the position of an architect today and in the future, its positioning in the architectural process based on the „*digital chain*“ principle, as a metaphor of one digital approach in development, focusing on the innovative, demanding and thoughtful architectural design solutions to the process of overlapping activities with conventional principle (generally done, usual, presented mostly) in design and realization of the architecture, generally based on explanations of Bryan Lawson – psychologist, architect and researcher of design thinking. The establishment of the characteristics of architectural activities and regulated positions of a „*digital chain*“ by architects will contribute to accelerating the meaningful application of technology in architecture, and thus improving the design and production methodology based on trust and architects' confidence in technological innovation.

„*Digital chain*“ principle has set new challenges, both in architectural theory and practice, as well as in methodology.

The methodological approach to the work was carried out with a fundamental idea to establish a strategy in the global role of an architect in the emerging architecture through proving and implementing its characteristics as a necessity of the process, which, both with the constant changes and technological advancement in architecture, and in parallel examination of the behaviour of all the elements, subjects and the process structure through the project, has all the characteristics of the experiment.

Accordingly, the methodological framework is, due to the topic being contemporary and interdisciplinary, predominantly phenomenological (hermeneutic, epistemological and interpretive) using qualitative and comparative methods, theoretically set to technology postulates in philosophy and architecture as a science, which candidate is also developing in parallel by structural and graphic connectivity with the causal methods. Qualitative findings suggest the researcher's involvement with the problem and the subject of research, and in this case it is exactly the position of the author as a chronicler and a participant of a dualistic process of standard and digital access in the emerging architecture, as well as dualistic scientific and design approach to architecture in general, and the starting position of the research concept.

Informational basis of the topic with theoretical premises, as the first part of the work is given in the first two chapters. Formulated by causal method of the sources and

literature analysis, it represents determining and defining the context of emerging architecture in the form of conditions: introductory discourse of philosophy of technology related to architecture and cognitive theory; and the complexity of emerging architecture demands; modes: the chain as a principle of action and reaction in digital and standard approach in architecture, and then also defining conflicts in relation architecture – technology, that interpret the challenges of technology based on the problem and the solution, which carry certain restrictions of architectural operations; as well as the definition of digital design techniques, the realisation with the characteristics and behaviour of machines and materials using explicative method.

The second part of the dissertation is conceived as a qualitative research - the study of „*digital chains*“ of different ways using CNC machines - fabrication with examples of realisation of serious architectural design requirements and meaningful architecture; the conclusions of the experiment – experience and self-knowledge of candidate’s cognition in the process of learning and adopting dualistic principles of design and realisation (primarily - the conventional principle of studying architecture, additionally – the „*digital chain*“ principle at the CAAD Master course, ETHZ); and interviews of subjects’ experiences - direct participants in dual principles emerging architectural practice, contemporary architects of the digital world architectural scene (orig. Matthias Kohler, Mark Burry, Mario Carpo, Robert Aish, Achim Menges, Fabio Gramazio, DUS architects) .

In the third part, using the qualitative inference method in the form of architectural influences in design and architectural realisation based on the „*digital chain*“ principle - is carried out by comparison of direct overlapping „*digital chain*“ process with demystified standard architectural principle with the implication of the previously conducted research conclusions. The general approach to positioning of architects is trough defining of the necessary characteristics and activities of a human - architect: emotion, intuition, instinct; intention, decision choice; control, organization, coordination; creativity; flexibility; communication and expertise, systematically arranged at exactly specified positions - parts of the design and architectural realisation on the „*digital chain*“ principle.

Evaluation of the results showed that continuity of the „*digital chain*“ is conditioned and bound by the implementation or existence of necessary architect’s

characteristics in the design and architectural realisation based on the „*digital chain*“ principle and demonstrated the need for a redefinition of the architectural process by introducing new architect's activities (coding, creation of design and realisation tools, digital expertise) with the aim of efficiency of the whole process required to do in terms of guided design - realization of architecture. Architects positions move the whole chain as fluid or the energy. Positioning the architect on the architectural scene of the emerging architecture requires also the willingness to experimental approach architectural realisation with continuous research of the process, machine and materials and in terms of observation and testing of the subjects, objects and structures of the process, with the inevitable changes in phenomena and elements in order to improve the parts of the process and the process itself.

The scientific justification of this work is in the necessity and universality of theoretical research in the field of architectural design from the aspect of architecture and technology in terms of the development of the design process of solving complex problems in architecture, link between design and architectural realisation and expansion of the interdisciplinary nature of architecture as a scientific field of collective testimony and the profession of architects in general.

Global conclusion is also a proven necessary re-definition of the standard educational architectural system with expansion of the digital design approach and architectural realisation domain as a necessity of the *born digital* generation for the purpose of education and improvement of future architects in the technological circumstances and the emerging architecture atmosphere.

**Key words:** architecture, technology, digital design – coding and realisation, CAD/CAM, „*digital chain*“, architect, positioning.

**Scientific field:** Architecture and Urbanism.

**Specific scientific field:** Architectural design and Contemporary architecture.

**UDK No.:** 72.071:72:004(043.3)

## ПРЕДГОВОР

### Навигационе мисли:

Иновативност у технологији покреће све гране технике, али узима и великог маха у уметности. Архитектура, као комбинација једног и другог, у исто време, и мења и покреће исту, тако да је технологија њен алат, а не база.

Ле Корбизје

Визуелну културу модерног доба, од сликарства до филма, карактерише интригантан феномен, постојање другог виртуелног простора, другог тродимензионалног света затвореног оквиром и смештеног у нормални простор.

Лев Манович



Ова докторска дисертација настала је као резултат претходних дугогодишњих истраживања кандидата у области утицаја дигиталне технологије на пројектовање и реализацију новонастајуће архитектуре (енгл. *emerging*), али и на архитектонску професију у смислу пројектантске науке и праксе.

Однос архитектуре и дигиталне технологије се, уопштено гледајући, развија од прве генерације рачунарски подржаних (CAD) система, који су нудили само лимитирани рачунарски софтвер визуелизације и документације, фокусиран на дводимензионалном приказу тродимензионалних објеката и који је коришћен само у прелиминарним фазама пројектовања. Касније развијени системи су давали могућност пројектовања модела комплексне геометрије, са приступом тродимензионалном геометријском моделовању и могућој структуралној и дводимензионалној анализи истог; као и превођења (енгл. *exported*) кодираних пројектантских захтева у готов архитектонски производ и везом са рачунарски нумерички контролисаним (CNC) машинама. Данас је рачунарски подржано архитектонско пројектовање (CAAD), уз рачунарски подржану производњу (CAM), углавном медиј који сакупља, организује и шаље поруку о одређеном процесу пројектовања и реализације архитектуре комуникацијом и симулацијом технологије.

Почетна тематска истраживања бавила су се објашњавањем појма „*дигиталног ланца*“ у пројектовању и реализацији архитектуре. Првенствено, термин „*дигиталног ланца*“ дефинисан је и истраживан (теоретски, експериментално и практично) на CAAD катедри на ЕТХ Цирих у оквиру научних пројеката овог Института.

Дигитално пројектовање представља трансформацију традиционалне пројектантске активности увођењем целе комбиноване групе конструктивних инжењерских технологија, нових материјала, производње и конструктивних процеса које рачунар открива, дозвољава, условљава и подржава у почетку; док је касније, са великим бројем експерименталних процеса и производа, целокупан процес постао и реверзибилан.

У претходно урађеној магистарској тези кандидата је „*дигитални ланац*“ даље истражен као врста дигиталног процеса и нови приступ пројектовању и реализацији архитектуре, уз издвајање оваквог приступа стварања архитектонских

објеката од тзв. мануелног, тачније речено конвенционалног (устаљеног, уобичајеног, заступљеног у највећој мери) приступа. У ужем смислу, овај рад се бавио истраживањем и објашњењем „*дигиталног ланца*“ и његових компоненти – *карика* и *спона*. Како није постојао велики број радова са конкретном темом „*дигиталног ланца*“, извршено је у форми Каталога референтних полазишта успостављање референтних извора у виду теоретских (публикације и истраживачки рад на институтима) и практичних примера (архитектура) у оквиру дигиталног пројектантског процеса и реализације архитектуре. Анализирани су и његове компоненте у оквиру промена пројектантског процеса и процеса реализације посредством дигиталне технологије, а у вези и са горе поменутиим стручним публикацијама, научним радом на многобројним светским институтима, као и укључивањем у савремену архитектонску праксу еминентних архитеката. Претходно урађени магистарски рад је базиран на избору референци везаних са тематиком, која је постављена између следећих поља архитектуре: идеје и пројектовања, технологије и реализације.

Основа промена је информација (каталогизација, дистрибуција, пренос и нарочито формализација), праћена машином новог развоја и размишљањем као базом револуције информатичке технологије. База је математика, али стварна супстанца је динамичка веза података. Новији резултат дигиталне технологије у архитектури је често архитектонски производ, створен делимично или у целости без утицаја комплексног архитектонског знања. Оно престаје да буде главно или неопходно, док производ сам по себи постаје најважнији као облик или идентитет, чак често ни као функционална архитектура. Управо је то непланирано архитектуру одвело у правцу стварања привидно новог стила, а у ствари се само ради о недовољној контроли новог алата. Алати постају јачи од идеје.

Идеја за ову докторску дисертацију је проистекла из дугогодишње заинтересованости кандидата за развој и понашање архитектонског процеса посредством утицаја дигиталне технологије, као и теоретском и практичном истраживању технологије рачунарске нумеричке контроле (CNC) у архитектонским оквирима, а са друге стране и преклапањем са конвенционалним пројектантским и извођачким искуством.

Докторска теза се наставља на магистарску тезу у виду даљег истраживања процеса „*дигиталног ланца*“ у пројектовању и реализацији архитектуре у смислу праћења промена, неопходности и дефинисања позиције архитекте у новом архитектонском процесу.

Архитектура данас неминовно мора да обезбеди ефикасна решења широког спектра комплексних питања и захтева, која у својој интердисциплинарности подразумева, а за које постоје развијени технолошки алати. Претпоставка је да је учествовање архитекте једини начин да се оствари смислено и неометано управљање оваквим системом услова и порука.

Основна идеја ове докторске дисертације је редефиниција архитектонског процеса пројектовања и реализације кроз визуру архитекте пројектанта, успостављањем приступа ка процесу и позиционирању архитекте у смислу његове улоге и активности тренутно са освртом на потенцијални развој, а не упутство за избор или коришћење програма и програмских језика, сврсисходно процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“.

**ПОЗИЦИОНИРАЊЕ АРХИТЕКТЕ У ПРОЦЕСУ ПРОЈЕКТОВАЊА И  
РЕАЛИЗАЦИЈЕ АРХИТЕКТУРЕ ПО ПРИНЦИПУ „ДИГИТАЛНОГ ЛАНЦА“**

|  |       |
|--|-------|
| РЕЗИМЕ .....   | i     |
| ABSTRACT .....   | v     |
| ПРЕДГОВОР.....   | ix    |
| <br>   |       |
| САДРЖАЈ .....  | xiii  |
| <br>   |       |
| СКРАЋЕНИЦЕ.....  | xvii  |
| ПОПИС И ИЗВОРИ СЛИКА .....   | xix   |
| ПОПИС И ИЗВОРИ ПРИЛОГА .....   | xxvii |
| <br>   |       |
| <b>УВОД</b>  |       |
| Уводне напомене .....  | 2     |
| Претходна анализа информација и истраживања .....                                  | 4     |
| Проблем и предмет истраживања .....  | 9     |
| Циљеви и задаци истраживања .....  | 10    |
| Радне (полазне) хипотезе истраживања .....   | 11    |
| Научне методе истраживања.....   | 12    |
| Научна оправданост дисертације, очекивани резултати и практична примена резултата. | 14    |
| Генерална структура докторске дисертације.....                                     | 15    |

# ПРИКАЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

## ГЛАВА 1

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Контекст процеса пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре –дискурс технологије .....</b>   | <b>23</b> |
| Уводне напомене .....   | 24        |
| 1.1 Услови: Увод у теоријске поставке филозофије технологије у архитектури –<br>Комплексност захтева процеса пројектовања новонастајуће архитектуре ..... | 25        |
| 1.2 Начин: Ланац у дигиталном и конвенционалном приступу у процесу пројектовања<br>и реализације новонастајуће архитектуре.....                           | 31        |
| 1.3 Конфликт 1: Технологија као проблем – Доминантност дигиталног приступа у<br>односу на архитектонску идеју .....                                       | 41        |
| 1.4 Конфликт 2: Технологија као решење – Укључивање реализације (производње) у<br>процес пројектовања новонастајуће архитектуре .....                     | 45        |

## ГЛАВА 2

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Дигитални алати у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре<br/>– дискурс архитектуре .....</b>               | <b>48</b> |
| Уводне напомене .....   | 49        |
| 2.1 Дигиталне технике у процесу пројектовања новонастајуће архитектуре.....   | 54        |
| 2.2 Дигиталне технике у процесу реализације новонастајуће архитектуре са<br>карактеристикама и понашањем машина – фабрикација ..... | 71        |
| 2.3 Дигиталне технике у процесу реализације новонастајуће архитектуре са<br>карактеристикама и понашањем материјала .....           | 77        |

## ГЛАВА 3

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Процес пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу<br/>„дигиталног ланца“ са различитим начинима фабрикације – дискурс архитектуре ....</b> | <b>82</b> |
| Уводне напомене .....   | 83        |
| 3.1 Процес: Континуални дигитални приступ у процесу пројектовања и реализације<br>новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ .....                    | 86        |
| 3.2 „Дигитални ланац“ са различитим начинима фабрикације – реализације помоћу<br>конкретних CNC машина и материјала.....  | 107       |
| 3.2.1 Адитивна фабрикација – 3D штампање архитектонских размера .....   | 109       |
| 3.2.2 CNC ласерско сечење.....  | 115       |
| 3.2.3 CNC обликовање скидањем слојева материјала.....   | 124       |
| 3.2.4 Пнеуматско обликовање .....   | 130       |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 3.2.5 | Индустријски роботи .....  | 137 |
| 3.3   | Унапређење процеса: (Не)Континуални дигитални приступ у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „ <i>дигиталног ланца</i> “ ..... | 148 |

#### ГЛАВА 4

|   |   |     |
|---|---|-----|
| <b>Експеримент – Искуство кандидата у процесу учења, пројектовања и реализације архитектуре по принципу „<i>дигиталног ланца</i>“ кроз модуле СААД катедре, ЕТНЗ.....</b> |   | 151 |
| Уводне напомене .....   |   | 152 |
| 4.1   | Модули учења „ <i>дигиталног ланца</i> “ – теоретски део .....            | 153 |
| 4.2   | Модули пројектовања „ <i>дигиталног ланца</i> “ СААД– практични део ..... | 154 |
| 4.3   | Модули реализације „ <i>дигиталног ланца</i> “ САМ – практични део .....  | 159 |

#### ГЛАВА 5

|   |                           |     |
|---|---------------------------|-----|
| <b>Интервју – Искуства архитеката – учесника у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „<i>дигиталног ланца</i>“ .....</b> |                           | 169 |
| Уводне напомене .....   |                           | 170 |
| 5.1   | Основа за интервју .....  | 170 |
| 5.2   | Интервју и одговори ..... | 174 |
| 5.3   | Интервју – закључак ..... | 183 |

#### ГЛАВА 6

|  |   |     |
|--|---|-----|
| <b>Архитектонски утицај у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре по принципу „<i>дигиталног ланца</i>“ .....</b> |   | 184 |
| Уводне напомене .....  |   | 185 |
| 6.1  | Дефинисање особених активности архитекте по позицијама у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „ <i>дигиталног ланца</i> “ ..... | 187 |
| 6.2  | Интуиција, инстинкт, емоција.....   | 199 |
| 6.3  | Намера, избор, одлука.....  | 203 |
| 6.4  | Контрола, организација, координација .....  | 206 |
| 6.5  | Креативност .....   | 212 |
| 6.6  | Флексибилност .....   | 216 |
| 6.7  | Комуникација .....  | 218 |
| 6.8  | Експертиза, едукација.....  | 222 |

## ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ

|   |     |
|---|-----|
| Закључци, препоруке и правци нових истраживања у релацији са хипотезама истраживања ..... | 229 |
| Хипотезе и закључци .....   | 231 |
| Правци нових истраживања .....  | 233 |
| <br>  |     |
| БИБЛИОГРАФИЈА (ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА) .....   | 235 |
| <br>  |     |
| ПРИЛОГ 1: Терминолошки речник референтних полазишта „дигиталног ланца“ .....              | 244 |
| ПРИЛОГ 2: Каталог (део) референтних полазишта „дигиталног ланца“ .....                    | 255 |
| ПРИЛОГ 3: Упутства за теоретски део СААД Мастер курса 2005/2006, ETHZ .....               | 294 |
| ПРИЛОГ 4: Упутства за практични део СААД Мастер курса 2005/2006, ETHZ .....               | 308 |
| <br>  |     |
| Биографија аутора .....   | 314 |
| <br>  |     |
| Изјава о ауторству .....  | 316 |
| Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада .....                | 317 |
| Изјава о коришћењу .....  | 318 |

## СКРАЋЕНИЦЕ

|             |  |
|-------------|--|
| CAD         | рачунарски подржано пројектовање (енгл. Computer Aided Design)   |
| CAAD        | рачунарски подржано архитектонско пројектовање (енгл. Computer Aided Architectural Design)   |
| ETHZ        | Федерална техничка висока школа Цирих (нем. Die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich)   |
| CNC         | рачунарски нумеричка контрола (енгл. Computer Numerical Control)   |
| CAE         | рачунарски подржано инжењерство (енгл. Computer Aided Engeneering)   |
| CAM         | рачунарски подржана производња (енгл. Computer aided manufacturing)  |
| MIT         | Технолошки институт у Масачусетсу (енгл. Massachusetts Institute of Technology)  |
| CATIA       | рачунарски подржана тродимензионална интерактивна апликација (енгл. Computer Aided Three Dimensional Interactive Application)                                    |
| OOP         | објектно оријентисано програмирање (енгл. Object Oriented Programming)   |
| SI          | тип вештачке интелигенције – интелигенција мноштва (енгл. Swarm Intelligence)  |
| VORONOI     | врста математичког дијаграма   |
| JAVA        | врста програмског језика   |
| VectorWorks | (CAD) рачунарски програм   |
| MIT         | Технолошки институт у Масачусетсу (енгл. Massachusetts Institute of Technology)  |
| AA          | Школа архитектуре Архитектонске асоцијације у Лондону (енгл. Architectural Association School of Architecture, London )  |
| DRL         | Архитектонски курс на AA, заснован на иновацијама у пољу рачунарства, понашања материјала, генеративног пројектовања, фабрикације, прототипова и урбаног развоја |
| MEDIA LAB   | Лабораторија MIT, заснована на медијима комуникације (когниција, графички дизајн, видео, холографија, рачунарство и човек-машина интерфејс)                      |
| BARTLET     | Архитектонска школа у Лондону, заснована на иновативним принципима анализе простора у Лондону  |
| RMIT        | Краљевски технолошки институт у Мелбурну (енгл. Royal Melbourne Institute of Technology)   |



|         |  |
|---------|--|
| SIAL    | Просторна информациона лабораторија на RMIT (енгл. Spatial Information Architecture Laboratory), заснована на иновативном и трансдисциплинарном истраживању простора |
| SCI ARC | Институт за архитектуру у Јужној Калифорнији (енгл. Southern California Institute of Architecture)   |
| 3D      | тродимензионалан   |
| Surfcam | програм за машину – глодалицу (Surfcam CNC – milling program)  |

## ПРЕГЛЕД СЛИКА И ПРИЛОГА

### ПОПИС И ИЗВОРИ СЛИКА

- Слика А: Графички приказ структуре докторске дисертације са садржајем глава и релацијом архитекта – машина - материјал
- Слика Б: Алгоритам пројектовања структуре докторске дисертације са кратким приказом поглавља
- Слика 1: Везе комплексности захтева новонастајуће архитектуре. Извор: СМ
- Слика 2: Анализа конвенционалног процедуралног модела у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре. Извор: СМ
- Слика 3: Искренија графичка презентација процеса пројектовања (енгл. A more honest graphical representation of the design process)  
Извор: Bryan Lawson, *How designers think*, (New York: Routledge, 2005), 40
- Слика 4: Пројектантске одреднице (енгл. Bryan Lawson's model of design constraints)  
Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise*, (New York: Routledge, 2009), 131
- Слика 5: Дигитални модел у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре. Извор: СМ
- Слика 6: „Дигитални ланац“ – шема са *карикама* и *спонама*. Извор: СМ
- Слика 7: *Карике* и *споне* „дигиталног ланца“ у конвенционалном процесу архитектуре. Извор: СМ
- Слика 8: „Дигитални ланац“ са деловима пројекта конвенционалног ланца у архитектури. Извор: СМ
- Слика 9: „Дигитални ланац“ – *карике* и *споне* пројектовања. Извор: СМ
- Слика 10: Одреднице дигиталног пројектовања. Извор: СМ
- Слика 11: Технике дигиталног пројектовања – кодирања – начин физички модел.  
Извор: СМ
- Слика 12: Технике дигиталног пројектовања – кодирања – начин концептуални модел. Извор: СМ

- Слика 13: Технике кодирања – циљ (врсте производа). Извор: СМ
- Слика 14: Врсте захтева пројекта и утицаји на пројектантско знање (енгл. Sources of design knowledge constraints)  
Извор: Bryan Lawson, *What designers know*, (New York: Routledge, 2004), 22
- Слика 15: Параметри кодирања: Анализа концепта – идеје пројектовања у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ
- Слика 16: Преклапање процеса решавања проблема у програмирању и архитектури  
Извор: СМ
- Слика 17: Став архитекте у програмирању. Извор: СМ
- Слика 18: „Дигитални ланац“ – карике и споне реализације – машине  
Извор: СМ
- Слика 19: Транслација кода – релација концепт – кодирање – машински код.  
Извор: СМ
- Слика 20: Транслација кода – реалација концепт – код – производ. Извор: СМ
- Слика 21: „Дигитални ланац“ – карике и споне реализације – материјали.  
Извор: СМ
- Слика 22: Материјал у избору машине и кодирању. Извор: СМ
- Слика 23: Прибор за цртање  
Извор: Цртаћи прибор архитекте Николе Добровића, приступљено 06.05.2016, <https://www.facebook.com/srpski.arhitekti.agphotosa.486924153876.259847.35162740387610151352216783877?type=3&theater>
- Слика 24: Акција и реакција „дигиталног ланца“ (енгл. *Massage is gymnastic for the connective tissue fibers. Skin massage: massage is gymnastics for the connective tissue fiber. Every fiber of the connective tissue in our skin is autonomous little creature that wants to live, breath, eat, clean itself, rest and take daily exercise in order to stay healthy, 1939*)  
Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 56
- Слика 25: Преклапање „дигиталног ланца“ и делова пројекта по Лоусону.  
Извор: СМ

- Слика 26: Нивои пројектантске активности (енгл. Design levels)  
Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 61
- Слика 27: Пројектантске активности (енгл. Design activities)  
Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 51
- Слика 28: Преклоп делова „дигиталног ланца“ у релацији архитекта, машина, материјал и њихова заступљеност у деловима процеса. Извор: СМ
- Слика 29: Позиције три доминантне карактеристике архитекте у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ
- Слика 30: 3D штампана кућа, процес – машина и материјал, Кина  
Извор: 3D printed house, приступљено 04.05.2014,  
<http://inhabitat.com/12000-square-foot-3d-printed-mansion-pops-up-in-china/>
- Слика 31 лево, Машина и модел 3D штампане куће, ДУС архитекте (енгл. DUS architects)  
32 и 33: Извор: The printed house, coming soon, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.theglobeandmail.com/life/home-and-garden/architecture/the-printed-house-coming-soon/article24432799/>
- Слика 34а,б: Модел 3D штампане куће, ДУС архитекте (енгл. DUS architects)  
Извор: The printed house, coming soon, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.theglobeandmail.com/life/home-and-garden/architecture/the-printed-house-coming-soon/article24432799/>
- Слика 35: 3D штампана структура, Диленбургер & Хансмејер (енгл. Dillenburger & Hansmayer)  
Извор: The printed house, coming soon, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.theglobeandmail.com/life/home-and-garden/architecture/the-printed-house-coming-soon/article24432799/>
- Слика 36: Ласерски секач,  
Извор: The printed house, coming soon, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.apa21.org/2013/09/what-is-cnc-laser-cutter/>
- Слика 37: Орнаментални зид,  
Извор: KIMC, ARLINGTON, VA, USA, приступљено 04.05.2016,  
[http://eventscape.net/index.php/projects\\_/projects\\_single/kimc](http://eventscape.net/index.php/projects_/projects_single/kimc)

- Слика 38: Трака зида и плафона,  
Извор: TICKER TAPE PARADE, приступљено 04.05.2016,  
[http://eventscape.net/index.php/news\\_/ticker\\_tape\\_parade](http://eventscape.net/index.php/news_/ticker_tape_parade)
- Слика 39: Фасада од ласерски сеченог текстила,  
Извор: Laser cut textile facade, приступљено 04.05.2016,  
<http://mocoloco.com/laser-cut-textile-facade-by-ida-thonsgaard/>
- Слика 40: Ласерски сечен метални панел  
Извор: Sebastien Lucas, Panneau metal avec decoupe laser, приступљено 27.04.2016,  
<https://www.flickr.com/photos/sebastienlucas/14194537437/in/photostream/>
- Слика 41: Фасада израђена од ласерски сечених металних панела  
Извор: Sebastien Lucas, Façade de crèche rue de crime, приступљено 27.04.2016,  
<https://www.flickr.com/photos/sebastienlucas/14194537437/in/photostream/>
- Слика 42: Фасада израђена од ласерски сечених металних панела  
Извор: Sebastien Lucas, Tole blanche, приступљено 27.04.2016,  
<https://www.flickr.com/photos/sebastienlucas/14194537437/in/photostream/>
- Слика 43: CNC машина глодалица, процес  
Извор: Dirk Hebel, Joerg Stollmann and Tobias Klauser, *Inventionneering architecture* (Zuerich: gta Darch, 2006), 22–23
- Слика 46,47: Отворена банка, Цирих  
Извор: Hole Lot of Sense: smart uses for perforated façades and partitions, приступљено 27.04.2016, <https://www.architonic.com/en/story/alyn-griffiths-hole-lot-of-sense-smart-uses-for-perforated-facades-and-partitions/7000629>
- Слика 48: Детаљ - Отворена банка, Цирих  
Извор: Hole Lot of Sense: smart uses for perforated façades and partitions, Приступљено 27.04.2016, <https://www.architonic.com/en/story/alyn-griffiths-hole-lot-of-sense-smart-uses-for-perforated-facades-and-partitions/7000629>
- Слика 49: Намештај, пнеуматско обликовање  
Извор: Pump up my chair, приступљено 04.05. 2016,  
<http://www.caad.arch.ethz.ch/wiki/Events/PumpUp>

- Слика 49а: Столице (orig. Chippensteel)  
Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>
- Слика 50: Пнеуматско обликовање, производња  
Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>
- Слика 51: Пнеуматско обликовање, производња  
Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>
- Слика 52: Намештај, масовно прилагођавање  
Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>
- Слика 52а: Намештај, масовно прилагођавање  
Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>
- Слика 53: Идеја компаније  
Извор: Zieta – Who we are, приступљено 04.05.2016,  
<http://zieta.pl/who-we-are/>
- Слика 54: Робот у DFAB workshop, ETHZ,  
Извор: DFAB About, приступљено 10.03.2009,  
<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/about/index.html>
- Слика 55: Акустичне опеке  
Извор: Acoustic Bricks, ETH Zürich, 2012–2014, приступљено 05.05.2016,  
<http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/229.html>
- Слика 56, 57: Акустичне опеке – монтажа и детаљ  
Извор: Acoustic Bricks, ETH Zürich, 2012–2014, приступљено 05.05.2016,  
<http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/229.html>
- Слика 58: Винарија, зид од нестандардизованог слога опеке (унутрашњост)  
Извор: Gantenbein Vineyard Facade, Fläsch, Switzerland, 2006, приступљено  
05.05.2016, <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/52.html>

- Слика 59: Винарија, зид од нестандардизованог слога опеке (фасада)  
Извор: Gantenbein Vineyard Facade, Fläsch, Switzerland, 2006, приступљено 05.05.2016, <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/52.html>
- Слика 60: Позиције архитекте у „дигиталном ланцу“ – изазови. Извор: СМ
- Слика 61: Дигитални модели као решења, излази (output) програмирања  
Извор: СМ
- Слика 62: Производ 3D штампача (прототип). Извор: СМ
- Слика 62а: Производи ласерског секача. Извор: СМ
- Слика 63: Програмирање елемента уграђивања (енгл. plug in). Извор: СМ
- Слика 64: Машина глодалица (лево), ласерски секач (горе десно), 3D принтер (доле десно)  
Извор: Booklets, приступљено 06.05.2016, <http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/Extern/CaadBooklets.html>
- Слика 65: Производ машине – глодалице и детаљ. Извор: СМ
- Слика 66: Процес машине – глодалице. Извор: СМ
- Слика 67: Виртуелна реалност  
Извор: Fachhochschule Aargau Nordwestschweiz – Gestaltung und Kunst, *Fachgruppe Interface design Virtual Reality Studio*, 2005
- Слика 68: Оглас за посао – профил будућег архитекте  
Извор: Careers, приступљено 06.05.2016, [http://eventscape.net/index.php/contact\\_/career](http://eventscape.net/index.php/contact_/career)
- Слика 69: Стратегије пројектантског размишљања (енгл. Design thinking strategies)  
Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise*, 69
- Слика 70: Делови процеса пројектовања (енгл. The RIBA and Goel models of design as sequence of activities)  
Извор: Bryan Lawson, *What designer know* (New York: Routledge, 2004), 14
- Слика 71: Основе и зоне позиционирања изазова и особених активности архитекте у *карикама и спонама „дигиталног ланца“*. Извор: СМ

- Слика 72: Човек као индустријска палата (енгл. *Man as industrial palace*. An attempt was made to depict the most important processes of life, which can never be observed directly, in the form of familiar technical processes so as to provide and overall picture of the human body's inner life, 1926)  
Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 104–105
- Слика 73: Интуиција, инстинкт, емоција у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ
- Слика 74: Доношење одлука (енгл. *The economic significance of response time: The crane operator on the left (normal response time) converts the optical signal into muscle movement in 2.8 tenths of a second and consequently moves the crane the shortest possible distance. In the case of crane operator on the right (slower response time), the load transfer is a third less than of the more capable crane operator, 1929)*  
Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 154
- Слика 75: Намера, избор одлука у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ
- Слика 76: Комплексност решења подразумева комплексан процес (енгл. *The lightness of air is a fallacy: The 190-mil-high air column bears down our shoulders with 44.000 pounds, but we dont feel the pressure because we dont only feet it from above, but from the inside and below as well, which balances it out, 1926)*  
Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 96
- Слика 77: Нерви и каблови (енгл. *Nerve and cable, two related structures in nature and technology. One should be cautious about simply transferring the concepts of human technology to living creatures. But here once again we are presented with such blatant similarity it is hard to avoid this, 1929)*  
Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 158
- Слика 78: Контрола, координација, организација у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ
- Слика 79: Креативност у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ
- Слика 80: Флексибилност у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ



- Слика 82: Визуелни систем у технологији и природи (енгл. *The visual system in technology and nature*, 1931)  
Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 172
- Слика 82: Комуникација у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ
- Слика 83: Круг учења (енгл. Kolb's learning cycle)  
Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 283
- Слика 84: Експертиза, едукација у „дигиталном ланцу“. Извор: СМ
- Слика 85: Простор новонастајуће архитектуре. Извор: СМ
- Слика 86: Сложена структура пера – структура архитектонског ланца (енгл. *The feather: about 600 branches sprout from the shaft of the feather, which run towards us like railroad tracks. Each branch has about 600 lateral shafts, which connect the tracks like sleepers. The lateral shafts are hooked together by cilia, so that the feather forms a wind – resistant fan*, 1952)  
Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 260

## ПОПИС И ИЗВОРИ ПРИЛОГА

### ПРИЛОГ 1:

#### Терминолошки речник референтних полазишта „дигиталног ланца“

Извор: Слађана Марковић, „Процес „дигиталног ланца“ у пројектовању и реализацији архитектуре“ (магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009), 11–21

### ПРИЛОГ 2:

#### Каталог (део) референтних полазишта „дигиталног ланца“ (Институције и архитектонска пракса)

Извор: Слађана Марковић, „Процес „дигиталног ланца“ у пројектовању и реализацији архитектуре“ (магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009), 89–134

|             |   |
|-------------|---|
| Табле 1–10  | Истраживачке картице Институција          |
| Табле 11–28 | Истраживачке картице Архитектонске праксе |

### ПРИЛОГ 3:

#### Упутства за теоретски део CAAD Мастер курс 2005/2006, ETHZ

Извор: MAS ETH ARCH/CAAD – 2005/06, приступљено 06.05.2016,  
<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/MAS0506.html>,

|                    |  |
|--------------------|--|
| Табла 29, 29a      | Упутство за Модул 1 – Кодирање (енгл. Scripting)   |
| Табла 30           | Упутство за Модул 2 – Превођење (енгл. Translating)  |
| Табла 31, 31a      | Упутство за Модул 3 – Брза фабрикација (енгл. Rapid Fabrication)   |
| Табла 32, 32a      | Упутство за Модул 4 – Конфигуратор (енгл. Configurator)  |
| Табла 33           | Упутство за Модул 5 – JAVA (енгл. JAVA)  |
| Табла 34, 34a      | Упутство за Модул 6 – Пројектовање са развијеним лимом (енгл. Design with sheet metal)                                 |
| Табла 34, 35a, 35b | Упутство за Модул 7 – Пројектовање непожељног контролора игре (енгл. Design a pervasive game controller) / алтернатива |

#### **ПРИЛОГ 4:**

##### **Упутства за практични део СААД Мастер курс 2005/2006, ЕТНЗ**

Извор: BOOKLETS, MAS ETH ARCH/CAAD – 2005/06 , приступљено 06.05.2016,  
<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/Extern/CaadBooklets.html>

|                    |   |
|--------------------|---|
| Табла 36, 36а, 36б | Упутство за коришћење ласерског секача                      |
| Табла 37           | Упутство за коришћење машине за скидање слојева – глодалице |
| Табла 38           | Упутство за коришћење 3D штампача                           |

**ПОЗИЦИОНИРАЊЕ АРХИТЕКТЕ У ПРОЦЕСУ ПРОЈЕКТОВАЊА И  
РЕАЛИЗАЦИЈЕ АРХИТЕКТУРЕ ПО ПРИНЦИПУ „ДИГИТАЛНОГ ЛАНЦА“**

## УВОД

### Навигационе мисли:

Мислите да је филозофија довољно компликована, али кажем вам да то није ништа у поређењу са тим колико је компликовано бити добар архитекта. (енгл. *You think philosophy is difficult enough, but I tell you it is nothing to the difficulty of being a good architect*)

Лудвиг Витгенштајн (енгл. Ludwig Wittgenstein)

## Уводне напомене

Тема овог истраживања је теоретска поставка и испитивање позиције архитекте у пројектовању и реализацији архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“. „*Дигитални ланац*“ јесте метафора архитектонског процеса, насталог посредством дигиталне технологије. При томе треба посебно нагласити да се термин „*дигиталног ланца*“ односи само на процес у коме пројектовање и реализација чине непрекинути, повезани низ међусобно условљених дигиталних активности, као што су дигитално пројектовање (кодирање) и дигитално извођење (фабрикација – производња CNC машинама).

Претходна истраживања која смо спровели заснивају се на детаљним испитивањима карактеристика овог процеса и проблемима који настају у оквиру „*дигиталног ланца*“ у виду његове нелинеарности, објашњавајући их и помажући да их разумемо, локализујемо, решимо и на тај начин унапредимо процес „*дигиталног ланца*“. Дигитална технологија је алат који нам омогућава превод идеје у реалност, приступима који укључују производни део у идејни део архитектонског процеса. Њиховим међусобним прожимањем архитектура данас шири и мења интердисциплинарност поља свог деловања, тако да све теже може да функционише неvezано од осталих дисциплина. Архитектура данас није одређена нити усмерена и носи назив новонастајућа архитектура (енгл. *emerging architecture*). У оквиру архитектуре ово истраживање покрива разноврсна научна поља и укључује између осталих тема и теорију пројектовања, дигиталну фабрикацију, рачунарско проналажење форме, геометрију и педагогију.

Дигитална технологија последњих деценија знатно помера границе процеса пројектовања и реализације архитектуре. Комплексни захтеви и услови стварају савршену средину за употребу ефикасних алата. Међутим, развој дигиталне технологије не прати потребе архитектонског продукта, иако је њихова појава паралелна.

Условљеност нових приступа се у технолошком смислу базира на интерактивном пројектовању и реализацији архитектуре, који захтевају у социолошком смислу и интерактивност актера архитектонског процеса у оквиру идеје, спољних и унутрашњих утицаја, моделовања и спровођења прототипа у

финални производ – архитектуру. Суштина овог процеса је производња у смислу реализације креативног решења.

Суштински циљ архитектуре остаје исти, али се процес значајно мења. Неопходност размишљања, критичког мишљења и логичког деловања архитекте је очигледна, али места његове неопходности нису прецизирана и дефинисана. У новом процесу позиција архитекте је интерактивна у сваком кораку у виду флексибилне контроле као потребе, што са једне стране омогућава креативност, а са друге појачава нејасност позиције архитекте.

Ова дисертација даје нов и посебан осврт на позиционирање архитекте у „*дигиталном ланцу*“, као непрекидном процесу који се мења, прати и условљава развој архитектуре. Позиционирање архитекте у процесу архитектуре је тренутно, флексибилно и зависно од самог процеса и односа архитектуре и технологије, али и засновано на поверењу и сигурности архитектата у технолошке иновације и прихватању дигиталне културе као напретка, у којој је кориснику омогућена и непосредна улога у пројектовању.

Свеобухватност апела да све што се изгради није архитектура, у Србији се првенствено односи на инвеститорску архитектуру, а у свету управо и на дигитални процес у архитектури. Почетак, суштина и циљ је да реализација без архитектата није архитектура.

Дугогодишње истраживање, као и паралелно теоретско и практично архитектонско искуство, довело је кандидата до специфичног приступа проблему. Експериментално тестирање новог приступа, презентованог на понашању архитекте у различитим одредницама процеса у смислу тестирања контекста, преклапања са поставкама конвенционалног приступа пројектовања и реализације архитектуре, архитектонски релизованих примера из праксе, едукације, искуства архитектата у паралелној потрази и практичним алатима архитектонског решавања проблема доводи до најјаснијих одговора како се заиста манифестује позиционирање архитекте данас.

## Претходна анализа информација и истраживања

Дигитална CAD/CAM технологија<sup>1</sup> је у великој мери већ заступљена у архитектури у свету. Делимично или у целини, водеће светске архитекте<sup>2</sup> је користе у различитим аспектима свог деловања.

Веза између архитектуре и дигиталне технологије постоји, али технологија данас, у одређеним сегментима, неконтролисано преузима примарну улогу у односу на архитектонску идеју. Планирано истраживање је научна студија која се бави позиционирањем улоге архитекте у дигиталном CAD/CAM приступу пројектовању и реализацији новонастајуће (енгл. emerging) архитектуре по принципу „дигиталног ланца“.

„Дигитални ланац“ јесте непрекинути процес у коме се архитектонска намера коришћењем дигиталних алата директно материјализује. „Дигитални

---

<sup>1</sup> Попис основних ознака, скраћеница и симбола

**CAD** рачунарски подржано пројектовање (енгл. Computer Aided Design)

**CAAD** рачунарски подржано архитектонско пројектовање (енгл. Computer Aided Architectural Design)

**ETHZ** Државни технички факултет у Цириху (нем. Die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich)

**CNC** рачунарски нумеричка контрола (енгл. Computer Numerical Control)

**CAE** рачунарски подржано инжењерство (енгл. Computer Aided Engineering)

**CAM** рачунарски подржана производња (енгл. Computer aided manufacturing)

**MIT** технолошки институт у Масачусетсу (енгл. Massachusetts Institute of Technology)

**AA** Школа архитектуре Архитектонске асоцијације у Лондону (енгл. Architectural Association School of Architecture, London )

**3D** тродимензионалан

**Прототип** је рани узорак, модел или ослобађање производа изграђеног за тестирање концепта или процеса или да делује као ствар која се реплицира или на основу које се учи.

**Интерфејс** је подељено окружење у оквиру кога две компоненте рачунарског система размењују информације.

**Масовно прилагођавање** је масовна производња са лимитираном серијом одређеном захтевима корисника.

<sup>2</sup> Herzog&de Meuron, UN Studio Amsterdam, Frank O. Gehry, PTW Architects, Renzo Piano, Nicholas Grimshaw, Future Systems, Norman Foster, Coophimmelb(l)au, Massiliano Fuksas, MVRDV, OMA, Diller&Scofidio, Toyo Ito...



*ланац*“ јесте метафора за непрекинути дигитални процес сачињен од пројектовања (идеја, кодирање – проналажење геометрије), преко конструкције (структура, повезивање и прототип) до реализације (употреба нумерички контролисаних машина CNC). Сваки његов корак је програмирана целина, која је са другом везана преко универзалног интерфејса. Рачунар се не посматра као пасивна дигитализована табла за цртање, него као активно пројектантски контролисано средство.

Овај процес је детаљно анализиран и дефинисан у магистарском раду кандидата под називом „Процес „*дигиталног ланца*“ у пројектовању и реализацији архитектуре“, који је прва свеобухватна студија ове теме. У магистарском раду кандидата је синтетизована целокупна документација везана за процес „*дигиталног ланца*“, који је дефинисан и истраживан (теоретски, експериментално и практично) на СААД катедри на ETHZ у виду научних пројеката овог института, али и у вези и са стручним публикацијама и научним радом на многобројним светским институтима, као што су ТУ Берлин, АА, МИТ, ТУ Беч, а и укључивањем у савремену архитектонску праксу еминентних архитеката. Докторска теза иде корак даље од архитектуре у прилогу, тако да уводи *ланац* и у негеометризоване концепте.

У претходно урађеном магистарском раду је дат преглед информација везаних за рачунарски подржано архитектонско пројектовање и производњу (СААД, САМ) кроз: 1. речник референтних полазишта „*дигиталног ланца*“, 2. каталог референтних полазишта „*дигиталног ланца*“, 3. објашњење процеса „*дигиталног ланца*“ и 4. објашњење процеса „*дигиталног ланца*“ кроз постојећи практични пример.

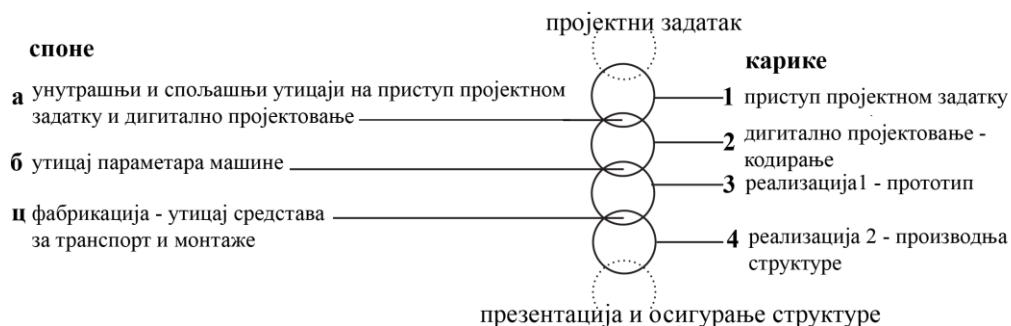
Магистарски рад кандидата је доказао да „дигитални ланац“ (шема 1)<sup>3</sup> није линеарни процес и да су *карике* појединачни елементи који формирају овај процес, а односи међу њима су *везе*. Ови делови поседују уобичајена имена, али су у вези са „дигиталним ланцем“ посебно дефинисани и окарактерисани.

За разлику од магистарског рада који представља предглед информација везаних за „дигитални ланац“ и дефинисање „дигиталног ланца“, ова докторска дисертација се заснива на унапређивању објашњења ланца, успостављању и тачном дефинисању неопходне позиције знања и искуства архитеката у овом процесу који је постао неминован, олакшавајући и кључан у решавању комплексног проблема у новонастајућој архитектури, заснованог на међусобној условљености архитектонског производа и процеса пројектовања, као и њиховој зависности од дигиталних техника.

Докторска дисертација се својом тематиком директно везује за дисконтинуитет присуства архитеката у дигиталном пројектовању, а базира се на процесу „дигиталног ланца“ као решењу глобалног проблема дисконтинуитета пројектовања и производње архитектуре, тзв. „дигиталног јаза“. Увезујући процес пројектовања са дефинисаним деловима „дигиталног ланца“, теза даје резултате превазилажења мана и предрасуда о архитектонским дигиталним алатима и појачавања предности њихове употребе у процесу пројектовања уз стални архитектонски надзор.

Развија се из односа дигиталне технологије и процеса пројектовања у архитектури у смислу решења проблема изводљивости и реализације узрокованих комплексним условима, потребама, идејама и дигиталним техникама. Ове сложене информације – захтеви у „дигиталном ланцу“ као непрекинутом процесу

<sup>3</sup> шема 1 Делови „дигиталног ланца“



су међусобно увезане дигиталним пројектовањем – кодирањем, које најинтензивније утиче на стандардан процес пројектовања и претвара реализацију – производњу у континуални наставак. Кодирање је синтеза података, произашлих из детаљне анализе идеје и пројектантских захтева, и добијање једног или више решења са задатим параметрима, који се затим проверавају кроз реализацију прототипа.

Архитекта врши постављање и контролисање свих параметара пројектовања, као и целокупног увезаног процеса пројектовања и реализације архитектонског производа, преко реализације прототипа. У „*дигиталном ланцу*“ архитекта креира и процес и производ. Теза доказује да је креирање процеса пројектовања нове архитектуре и контрола сваке његове целине немогућа без јасно позиционираног архитектонског утицаја .

Овај рад доказује неопходну улогу архитекте и архитектуре у дигиталном приступу процесу пројектовања и поставља их у први план кроз успостављање квалитета и изазова комплексног односа процеса пројектовања и алата реализације. Како су дигитално пројектовање и реализација већ увелико присутни, теза даје и упутства за превазилажење проблема и настојање коришћења дигиталних техника као алата за пројектовање и реализацију архитектуре, уз стално архитектонско креирање и контролу идеје, процеса и производа архитектуре.

Докторска дисертација се састоји из пет основних делова:

УТВРЂИВАЊЕ контекста процеса пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре,

ДЕФИНИСАЊЕ дигиталних алата у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре у дискурсу архитекте,

ДЕФИНИСАЊЕ процеса пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ у дискурсу архитекте,

УТВРЂИВАЊЕ квалитета и изазова дигиталног приступа у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“,

УПУТСТВО за коришћење дигиталног приступа са позиционирањем архитекте у пројектовању и реализацији нове архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ .

Дефинисање и утврђивање чињеница је засновано на анализи постојећих информација о елементима дигиталног приступа у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре и своди се на:

1. утврђивање комплексности критеријума у пројектовању новонастајуће архитектуре,
2. утврђивање разноликости принципа „дигиталног ланца“,
3. утврђивање технолошких услова везаних за различите начине архитектонског пројектовања и реализације у оквиру рачунарски подржаних производних средина (CAAD/CAM),
4. утврђивање позиција позиционирању архитектонског утицаја у елементима „дигиталног ланца“.

Са становишта прикупљених информација из литературе, селекција је извршена у три групе података. Прва група података из литературе се базира на уопштеном посматрању архитектонског процеса. Пре свега се односи на књиге Брајана Лоусона (Bryan Lawson) *Шта архитекте знају* и *Како архитекте размишљају*, Најцела Кроса (Nigel Cross) *Анализа пројектантске активности* и Вилијама Мичела (William Mitchel) *Логика архитектуре*:

- Lawson, Bryan, *What designers know*. Oxford: Architectural press, 2004,
- Lawson, Bryan, *How designers think*. Oxford: Routledge, 2005,
- Cross, Nigel, Henri Christians, and Kees Drost, eds. *Analyzing design activity*. Chichester: Wiley, 2001,
- Mitchel, William, *The logic of architecture*. Cambridge, London: MIT press, 1990.

Друга група представља теоретску базу за изучавање дигиталних приступа у пројектовању новонастајуће архитектуре и „дигиталног ланца“ као новог технолошког процеса са освртом на пројектантски процес, где се сврставају књиге Херберта Сајмона (Herbert Simon) *Наука вештачког* и Александера Коутаманиса (Alexander Koutamanis) *Визуелна база података у архитектури*, као и *Дигитални обрт у архитектури 1992–2012* Марија Карпа (Mario Carpo):

- Simon, Herbert, *The science of artificial*. Cambridge: MIT Press, 1996,
- Koutamanis, Alexander, Harry Timmermans, and Ilse Vermeulen, *Visual Database in architecture*. Aldershot: Avebury, 1995,

- Carpo, Mario, *Digital Turn Architecture 1992–2012*. London: John Wiley and Sons, AD Architectural Design, 2012,
- Menges, Achim, and Sean Ahlquist, *Computational Design Thinking*. London: John Wiley and Sons, AD Architectural Design, 2013.

Трећа група података посматра целокупну проблематику са становишта дигиталних приступа у реализацији архитектуре и „дигиталног ланца“ као технолошког процеса, и ту припадају књиге Данијела Шодека (Daniel Schodek) *Дигитално пројектовање и производња*, Луке Канапера (Luca Caneparo) *Дигитална фабрикација у архитектури* и свеобухватна студија Морица и Рудигера (Moritz, Ruediger) *Дигитални процеси – Планирање, Пројектовање и Производња*:

- Schodek, Daniel, Martin Betchthold, Kimo Griggs, Kenneth Martin Kao, and Marco Steinberg, *Digital design and manufacturing*. Hoboken: Wiley, 2004,
- Hauschild, Moritz; and Ruediger Karzel, *Detail practice – Digital Processes Planning, Design, Production*. Muenich: Institut fuer internationale Architektur – Dokumentation GmbH&Co. KG, 2011,
- Caneparo, Luca, *Digital Fabrication in Architecture*. Berlin: Springer Engineering and Construction, 2011.

Почетне информације се узимају из Терминолошког речника референтних полазишта „дигиталног ланца“ (Прилог 1) и Каталога референтних полазишта „дигиталног ланца“ (Прилог 2) из магистарског рада кандидата, који се заснива на истраживачким картама публикација, институција и зграда – примера из архитектонске праксе и институција везаних за дигитални процес пројектовања и реализације архитектуре. Други део информација се добија из интервјуа испитаника о односу према „дигиталном ланцу“, као и из емпиријске архиве кандидата – експеримента личног укључивања у „дигитални ланац“.

### **Проблем и предмет истраживања**

Проблем истраживања се односи на недефинисану позицију архитекте у дигиталном приступу пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре, заснованом на СААД/САМ технологији услед комплексних услова и савремених

захтева, која у оваквим случајевима често и изостаје. Са једне стране, технолошки алати решавају раздор између пројектовања и реализације архитектуре, који је производ неповезаности комплексности размишљања и развијености индустрије, а са друге стране изопштавају присуство архитектонског знања и искуства. Заснива се на архитектонском производу неадекватне и смислене намере услед не само „*дигиталног јаза*“, који је глобални проблем неусклађености пројектантског и технолошког развоја, већ и услед архитектонски неконтролисаног утицаја технологије на реализацију архитектуре.

Секундарни проблем се односи на комплексност критеријума савременог процеса пројектовања. Поред уобичајених услова који дефинишу карактеристике простора (димензије, функција, осветљење, мултифункционални услови, веза унутрашњост/спољашњост, елементи конструкције и ентеријера, промена годишњих доба, промена доба дана и др.), додају се и утицаји рачунарски нумерички контролисаних машина – CNC у производњи (врста материјала, начин обликовања, флексибилност и обрада материјала, параметри машина), што доводи до промене пројектантске средине и проширења могућности утицаја архитектуре на реализацију.

Предмет истраживања је новонастајућа архитектура (енгл. *emerging*), настала под снажним утицајем CAD/CAM технологије. Посебан значај предмета истраживања ове докторске дисертације се односи на анализу свих позиција у дигиталном приступу процесу пројектовања новонастајуће архитектуре ослабљених или неконтролисаних од стране архитеката уз, некарактеристично за конвенционални, устаљени приступ, увођење дефинисаних карактеристика и проблема реализације на почетак процеса пројектовања.

У оквиру операционалног одређења предмета истраживања треба нагласити да је тема савремена, поред области архитектуре и урбанизма, кореспондира са грађевинарством, електротехником – програмирањем и машинством.

### **Циљеви и задаци истраживања**

Циљ истраживања је да се успостави ефикасно, комплексно, одређено и дефинисано пројектовање на бази разноликих материјала, које континуално води

ка серијски лимитираној аутоматизованој реализацији архитектуре, уз креативан и контролисан допринос архитектонске струке у сваком делу *ланца*.

Секундарни циљ је да се установе места разлаза пројектовања и реализације архитектуре и утврди решење проблема, као и места недоследности и формирања неконтролисане архитектуре деловањем дигиталних алата, уз испитивање предности и мана дигитализације процеса пројектовања и реализације, као доказа неопходности постојања, јасне улоге и условљавања свих фаза дигиталног приступа у процесу пројектовања и реализацији новонастајуће архитектуре од стране архитеката.

Терцијарни циљ је да се утврди комплексност критеријума пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре као основа за усмеравање развоја, напредовање и усавршавање архитектонске струке и образовање будућих архитеката.

У функцији нивоа научног сазнања, дефинисани циљеви истраживања су на нивоу научног описивања и научног објашњења, са елементима научног предвиђања услед савремености теме и могуће примене дефинисаног процеса.

Из наведених циљева произилазе следећи задаци истраживања:

- одређивање комплексних услова пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре на принципима „*дигиталног ланца*“,
- одређивање кључних тачака доношења пројектантских одлука у различитим дигиталним техникама у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“,
- анализа и синтеза мишљења и искуства архитеката – учесника у пројектовању и реализацији архитектуре посредством CAD/CAM технологије,
- утврђивање неопходности образовања архитеката и по дигиталним принципима,
- дефинисаност улоге архитекте у процесу пројектовања и реализацији новонастајуће архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“.

### **Радне (полазне) хипотезе истраживања**

Ова дисертација полази од претпоставке да је утицај архитекте у дигиталном

приступу процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре промењен у односу на конвенционални приступ и није јасно дефинисан.

Основна хипотеза је да је утицај и улога архитекте кључан фактор како у конвенционалном тако и у дигиталном приступу пројектовању и реализацији архитектуре. Архитекта мора бити позициониран континуално у дигиталном приступу по принципу „*дигиталног ланца*“, по питању креирања и контроле идеје, процеса и реализације архитектонског производа помоћу рачунарски контролисане узајамне повезаности међу компонентама процеса у задатим комплексним условима.

Надовезујући се на проблем непостојања директне повезаности пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре у конвенционалном процесу пројектовања, уводи се употреба процеса „*дигиталног ланца*“ као архитектонски контролисаног приступа, који би постојећи „*дигитални јаз*“ превазишао.

Успостављање контролисаних места „*дигиталног ланца*“ од стране архитеката ће допринети убрзавању смислене примене технологије у архитектури, а самим тим и унапређењу пројектне и производне методологије, засноване на поверењу и сигурности архитеката у технолошке иновације.

Полазне хипотезе су базиране на оквирима комплексности савремених услова, потреба и захтева, као и комплексности процеса пројектовања који укључује континуалну употребу процеса „*дигиталног ланца*“ са CAD/CAM технологијом за пројектовање и реализацију архитектуре.

## **Научне методе истраживања**

Успостављен експериментални теоријско-методолошки приступ одговара комплексној природи теме овог рада, односно интердисциплинарном карактеру и савремености истраживања релације архитекта – архитектура – технологија кроз процес пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“, у тренутном поретку стања технолошког развоја и међусобних односа актера архитектонског процеса. Савремени проблем теме захтева комбиновани методолошки приступ у смислу системског излагања експерименталног посматрања теме: субјекат – архитекта, процес – принцип „*дигиталног ланца*“,



објекат – архитектура, који користи различите појединачне научне методе (интерпретативне, каузалне, квалитативне, компаративне, експериментисање, посматрање, анализа, синтеза, индукција, дедукција, аналогија, хипотеза, дефиниција, класификација и разговор – интервју) постављеним у алгоритамске (узрочно – последичне) везе структуре дисертације.

Почетну фазу рада чине формулација предмета истраживања, као и теоријских оквира релевантних за истраживање.

Методолошки поступак у формирању информационе основе истраживања подразумева методу прикупљања и функционалне анализе грађе, са акцентом на каузалној и експликативној анализи.

Квалитативна директна метода успоставља односе међу документима и формира алгоритамски – узрочно последични скелет информација, којима се доказују унапред постављене хипотезе. Базира се на интуитивном оцењивању и подразумева тематску анализу са кодификацијом – дефинисањем и класификовањем тема – доказа, са претходним коришћењем апстракције „дигиталног ланца“ као једног дигиталног приступа и конкретизације општих правила на основу посебног.

Компаративна метода се заснива на упоређивању различитих приступа (конвенционалног и дигиталног) у оквирима процеса пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре на основу архитектонског утицаја, превасходно.

Студија појединачних извора се односи на посматрање изабраних значајних примера из архитектонске праксе, директно везаних CAD/CAM технологијом у виду смислених архитектонских остварења.

Део истраживања је испитивање, као метода прикупљања емпиријских података посредством исказа субјекта (испитаника) на основу упитног исказа. Коришћена техника испитивања је индивидуални усмерени оријентациони интервју и селекција научних разговора са више испитаника – архитеката са искуством у двојним процесима пројектовања и реализације архитектуре посредством CAD/CAM технологије – делимично заступљеним или континуалним.

Како је тема савремена, део истраживања се базира и на искуственим изворима добијеним посматрањем и испитивањем. Експеримент у оквиру

дисертације се врши личним увођењем кандидата – субјекта у процес учења, разумевања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“.

Последња фаза рада представља синтезу у виду образложења закључака истраживања.

Принцип „*дигиталног ланца*“ пред нас је поставио нове изазове, како архитектонске теорије и праксе тако и методолошке. Методолошки приступ раду изведен је са суштинском идејом да се успостави стратегија глобалне улоге архитекте у новонастајућој архитектури кроз доказивање и имплементацију његових карактеристика као неопходности процеса, уз сталне промене и напредовања технологије у архитектури. Метода паралелног испитивања понашања свих елемената – субјеката, структуре процеса и производа процеса кроз дигиталне технике рада, примере из праксе, образовање и искуство двојног приступа (конвенционалног и дигиталног) процесу, има све карактеристике експеримента. У складу са тим, методолошки оквир рада је, услед савремености и интердисциплинарности теме, доминантно феноменолошки (херменеутички, епистемолошки и интерпретативан), уз коришћење квалитативне и компаративне методе, теоретски постављен на постулате технологије у филозофији и архитектури као пројектантске науке, које кандидат паралелно развија структуралним и графичким повезивањем са каузалним методама. Квалитативна истраживања претпостављају укљученост истраживача у проблем и предмет истраживања, а у овом случају је управо позиција аутора као хроничара и актера двојног приступа (конвенционалног и дигиталног) процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре, као и двојног научног и пројектантског приступа у архитектури уопште, и стартна позиција концепта истраживања.

### **Научна оправданост дисертације, очекивани резултати и практична примена резултата**

Неопходност теоријских истраживања у области архитектонског пројектовања са аспекта односа архитектуре и технологије у смислу развоја пројектантског процеса, увезаности пројектовања и реализације у архитектури, а пре свега будућности архитектуре као научне области колективног исказа и

професије архитеката уопште, чини ову докторску дисертацију и научно и практично оправданом.

Истраживање је засновано на анализи и компарацији општих и дигиталних приступа у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ и јасном дефинисању архитектонског утицаја и улоге у оквиру овог процеса, са циљем ефикасне и обликовно и функционално смислене реализације. Како се рад бави савременом тематиком, даје објашњења и дефиниције проблема и решења сукоба процеса, који постоји и који се сада мења под утицајем технолошког развоја и испитивања међусобних односа и веза у његовом оквиру. Теза представља свеобухватну студију приступа позиционирања архитектуре у дигиталном континуалном архитектонском приступу.

Континуални приступ процесу пројектовања и реализације по принципу „*дигиталног ланца*“ представља у исто време и изазов и решење комплексности данашњих услова и потреба.

Могућност конкретне примене „*дигиталног ланца*“ у пројектовању и реализацији архитектуре представља, уз архитектонски утицај и контролу у свим корацима, и базу за утврђивање карактеристика новог метода, који на правилан начин уноси параметре производње у дигиталне технике пројектовања.

Позиционирање архитеката у новим околностима комплексног односа архитектуре и технологије и конкретне примене процеса „*дигиталног ланца*“ представља тему која је још увек неистражена и нова, и као део информационо-комуникационе технологије представља базу за развој технологије у архитектури и грађевинарству.

Истраживање даје базу и информације за приступ проблему нестандартног образовања и усавршавања будућих архитеката у технолошким околностима и атмосфери новонастајуће архитектуре.

## **Генерална структура докторске дисертације**

Предвиђено је да рад садржи три целине: Увод, Приказ и интерпретацију резултата истраживања и Закључна разматрања и препоруке за примену истраживања. На крају рада се налазе напомене, библиографски подаци и прилози (цртежи, слике, дијаграми и табеле).

**Увод** садржи образложење избора теме, објашњење предмета рада, излагање циљева научног рада, упућује на научна полазишта и оквире теме, основне научне хипотезе и податке о методолошком приступу и поступцима.

Средишњи део садржи шест глава.

**Прва глава** дефинише и објашњава контекст и предмет истраживања процеса пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре. У оквиру ове главе је урађена анализа и синтеза комплексних критеријума савременог пројектовања, као компарација конвенционалног приступа и приступа „*дигиталног ланца*“ у процесу пројектовања и реализације као *ланца* у архитектури. Објашњење конфликта у дигиталном приступу је дато као део комплексности проблема и указивање на присутност промена. Услед савремености и експерименталности теме дисертације, ова глава даје и појединачне интердисциплинарне утицаје и оквир експерименталног методолошког приступа и пројектантског приступа задатку сталне провере – архитекте и производа – архитектуре у контексту истраживања – процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре, као услова и начина спровођења тренутно паралелно заступљеног конвенционалног и дигиталног приступа.

**Друга глава** дефинише дигиталне алате у процесу пројектовања и реализацији новонастајуће архитектуре, са акцентом на пројектантском приступу карактеристикама и утицајима машина и материјала. Она разматра шири контекст теме, односно глобално објашњење увезаних дигиталних техника у процесу пројектовања (прво поглавље) и реализације новонастајуће архитектуре са карактеристикама машина (друго поглавље) и материјала (треће поглавље), са посебним акцентом на утицај и учешће архитекте у кодираном процесу.

**Трећа глава** је наставак где се разматра ужи контекст теме – целокупни процес пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ као континуалног дигиталног приступа новонастајуће архитектуре, базираног на дигиталном пројектовању – кодирању и дигиталној реализацији – фабрикацији (прво поглавље). Посматран је у склопу архитектонског утицаја и постизања резултата архитектуре реалних размера, при различитим начинима фабрикације (друго поглавље), кроз праћење понашања субјекта и производа у CAD/CAM

процесима: адитивна фабрикација – 3D штампање архитектонских размера, CNC ласерско сечење, CNC обликовање скидањем слојева материјала, пнеуматско обликовање и фабрикација индустријским роботима. У уводном делу се даје објашњење процеса пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“, уз преклапање са конвенционалним приступом и утврђивање потенцијалних пресечних тачака – архитекте, машина и материјала, док су у трећем поглављу дати закључци претходних поглавља дефинисањем нејасних позиција архитекте у самом *ланцу* у циљу унапређења принципа „*дигиталног ланца*“ у смислу континуалности овог дигиталног приступа.

**Четврта глава** представља лични експериментални приступ кандидата у смислу тест студије начина образовања будућих архитеката у контексту постизања континуалног CAD/CAM знања и практичне употребе у архитектури. У њој је приказано искуство кандидата у процесу учења (прво поглавље), пројектовања (друго поглавље) и реализације (треће поглавље) новонастајуће архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ кроз модуле СААД катедре, ETHZ у виду закључака експеримента – личног присуства сазнања кандидата у процесу учења и усвајања двојних принципа пројектовања и реализације (мешовито архитектонско образовање, примарно – конвенционални принцип студирања архитектуре; додатно – принцип „*дигиталног ланца*“ на СААД мастер курсу).

**Пета глава** доноси селективно изведене закључке из колекције интервјуа више извора као сагледавања искустава субјеката – директних учесника новонастале архитектонске праксе и актуелних архитеката дигиталне светске архитектонске сцене (ориг. Matthias Kohler, Mark Burry, Mario Carpo, Robert Aish, Achim Menges, Fabio Gramazio). Састоји се из основа за интервју (прво поглавље), интервјуа – питања произашлих из закључака претходних поглавља и одговора (друго поглавље) и закључака интервјуа (треће поглавље). Глава представља искуствене одговоре на главна питања о позиционирању архитекте у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ и личној компарацији са двојним приступом архитектонској пракси изабраних субјеката технологије у архитектури.






**Шеста глава** представља дискусију и примену доказа из претходних глава, са комплетирањем резултата као базе за унапређење тематике. Даје тренутно стање позиционирања архитекте у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“. Позиционирајући архитекту у дигиталном приступу по принципу „*дигиталног ланца*“, кроз претходно анализиран однос према процесу, машини и материјалу, затвара се круг тестирања и наизглед стандардне особине и активности архитекте се посматрају као везивни елемент – флуид делова „*дигиталног ланца*“, као континуалног процеса. Сумирајући архитектонски утицај у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“, дате су закључне поставке и генерални приступ даљем дефинисању позиција архитекте. Илустрације у виду инфо-графика Фрица Кана (ориг. Fritz Kahn) јесу пропратни коментар посматране неопходне везе и ривалства машина – човек.

У **Закључним напоменама и правцима даљег истраживања** се конкретно сумирају резултати истраживања, могућности њихове примене у савременој пракси и провере почетних хипотеза, где су дата и могућа унапређења процеса „*дигиталног ланца*“, са отварањем праваца за нова истраживања.

Структура садржаја докторске дисертације, повезујући архитектонску теорију и праксу као два дела архитектонске професије, уско је везана са тематиком архитектонског ланца и формирана аналогно начину приступа пројектантском задатку са једне стране (Слика А) и алгоритамској поставци критеријума (Слика Б) са друге стране. База структуре је методолошки оквир експерименталног тестирања – провера континуитета „*дигиталног ланца*“ – процеса и производа – архитектуре кроз утицај субјекта – архитекте:

- прва глава: поставка контекста, услова и начина повезивања субјекта, архитекте као носиоца теме, објекта архитектуре и процеса „*дигиталног ланца*“ као поставке пројектног задатка;
- друга глава: поставка начина, технике делова процеса кроз призму вештина субјекта – архитекте;

- трећа глава: процес „*дигиталног ланца*“ у зависности од начина фабрикације кроз призму субјекта – пројектантски задаци и идеја и производа – архитектуре (архитектонска реализација), тест 1 – питања начина учења и практичне употребе, питања за интервју, закључци;
- четврта глава: процес кроз сагледавање промене размишљања и унапређења знања кандидата учењем принципа „*дигиталног ланца*“, тест 2 – веза едукације са практичном употребом, питања за интервју, закључци;
- пета глава: искуство архитеката у унапређењу архитектонске праксе употребом принципа „*дигиталног ланца*“, тест 3 – закључци;
- шеста глава: поставке за позиционирање архитеката кроз карактеристике, задатке и активности у процесу „*дигиталног ланца*“ – резултати.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>УВОД</b></p> <p>РЕЗИМЕ<br/>АБСТРАКТ<br/>ПРЕДГОВОР<br/>САДРЖАЈ<br/>СКРАЋЕНИЦЕ<br/>ПОПИС И ИЗВОРИ СЛИКА,<br/>ПОПИС И ИЗВОРИ ПРИЛОГА<br/>УВОД<br/>Уводне напомене<br/>Претходна анализа информација и истраживања<br/>Проблем и предмет истраживања<br/>Циљеви и задаци истраживања<br/>Радне (полазне) хипотезе истраживања<br/>Научне методе истраживања<br/>Научна оправданост дисертације, очекивани резултати и практична примена резултата<br/>Генерална структура докторске дисертације</p> <p><b>УЈЛАЗ</b></p>  |  |
| <p><b>ПРИКАЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА</b></p>  |  |
| <p><b>ГЛАВА 1</b></p> <p>ГЛАВА 1<br/>Контекст - процеса пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре - дискурс технологије</p> <p>Уводне напомене<br/>1.1 Услови: Увод у теоријске поставке филозофије технологије у архитектури – Комплексност захтева процеса пројектовања новонастајуће архитектуре<br/>1.2 Начин: <i>Ланца</i> у дигиталном и конвенционалном приступу у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре<br/>1.3 Конфликт 1: Технологија као проблем - Доминантност дигиталног приступа у односу на архитектонску идеју<br/>1.4 Конфликт 2: Технологија као решење - Укључивање реализације (производње) у процес пројектовања новонастајуће архитектуре</p> <p><b>КОНТЕКСТ</b></p>   | <p><b>ГЛАВА 2</b></p> <p>ГЛАВА 2<br/>Дигитални алати у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре - дискурс архитекте</p> <p>Уводне напомене<br/>2.1 Дигиталне технике у процесу пројектовања новонастајуће архитектуре<br/>2.2 Дигиталне технике у процесу реализације новонастајуће архитектуре са карактеристикама и понашањем машина – фабриката<br/>2.3 Дигиталне технике у процесу реализације новонастајуће архитектуре са карактеристикама и понашањем материјала</p>  <p><b>ТЕХНИКЕ</b></p>  |
| <p><b>ГЛАВА 3</b></p> <p>ГЛАВА 3<br/>Процес пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ са различитим начинима фабрикатације - дискурс архитекте</p> <p>Уводне напомене<br/>3.1 Процес: Континуални дигитални приступ у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“<br/>3.2 <i>Дигитални ланца</i> са различитим начинима фабрикатације – реализације помоћу коопретивних CNC машина и материјала<br/>3.2.1 Адаптивна фабрикатација – 3D штампање архитектонских размера<br/>3.2.2 CNC ласерско сечење<br/>3.2.3 CNC обликовање складићем слојева материјала<br/>3.2.4 Пнеуматско обликовање<br/>3.2.5 Индустриски роботи<br/>3.3 Унапређење процеса: (Не)Континуални дигитални приступ у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“</p>  <p><b>ПРОЦЕС</b></p> | <p><b>ГЛАВА 4</b></p> <p>ГЛАВА 4<br/>Експеримент - Искуство кандидата у процесу учења, пројектовања и реализације архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ кроз модуле СААД катедре, ETHZ</p> <p>Уводне напомене<br/>4.1 Модули учења „дигиталног ланца“ – теоретски део<br/>4.2 Модули пројектовања „дигиталног ланца“ СААД – практични део<br/>4.3 Модули реализације „дигиталног ланца“ САМ – практични део</p>  <p><b>ЕДУКАЦИЈА</b></p>   |
| <p><b>ГЛАВА 5</b></p> <p>ГЛАВА 5<br/>Интервју - Искуства архитеката - учесника у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „дигиталног ланца“</p> <p>Уводне напомене<br/>5.1 Основа за интервју<br/>5.2 Интервју и одговори<br/>5.3 Интервју – закључак</p>  <p><b>ПРАКСА</b></p>  | <p><b>ГЛАВА 6</b></p> <p>ГЛАВА 6<br/>Архитектонски утицај у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“</p> <p>Уводне напомене<br/>6.1 Дефинисање особних активности архитекте по позицијама у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „дигиталног ланца“<br/>6.2 Интуиција, инстинкт, емоција<br/>6.3 Намера, избор, одлука<br/>6.4 Контрола, организација, координација<br/>6.5 Креативност<br/>6.6 Флексибилност<br/>6.7 Координација<br/>6.8 Експертиза, едукација</p>  <p><b>РЕЗУЛТАТ</b></p> |

Слика А: Графички приказ структуре докторске дисертације са садржајем глава и релацијом архитекте – машина - материјал





Слика Б: Алгоритам пројектовања структуре докторске дисертације са кратким приказом поглавља

## **ПРИКАЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

## ГЛАВА 1

### Контекст процеса пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре – дискурс технологије

#### Навигационе мисли:

Највећи непријатељ знања није игнорисање, него је илузија знања. (енгл. *The greatest enemy of knowledge is not ignorance, it is the illusion of knowledge.*)

Стивен Хокинг (енгл. Stephen Hawking)

Технологија је реч, која описује нешто што још увек не функционише.

(енгл. *Technology is a word that describes something that doesn't work yet.*)

Даглас Адамс (енгл. Douglas Adams)

#### Навигационе речи:

комплексност, дигитални и конвенционални (устаљен, уобичајен, заступљен у највећој мери) архитектонски приступ, *ланац*, технологија – проблем и решење.

## Уводне напомене

Контекст новонастајуће архитектуре је сам по себи комплексан, састављен из више слојева – различитих дисциплина међусобно преплетених. У савременим оквирима, архитектура је уско везана са урбанизмом и у објашњењу третиране теме кореспондира са инжењерским наукама: грађевинарством, електротехником, програмирањем и машинством. Ширина архитектуре се огледа и у интердисциплинарности дела, и по дефиницији је друштвена и техничка наука са једне стране и уметност са друге стране, са значајним примесима психологије – когнитивне науке, као и естетике и математике.

Ако дефинишемо контекст основним лингвистичким значењем ове речи које представља *везу мисли у говору*, повезујемо га са суштином архитектуре, њеном природом, појавом и њеним изразом. Овом дефиницијом архитектуру директно везујемо са идејом и приступом процесу пројектовања и реализације.

Ако контекст дефинишемо архитектонским значењем ове речи, које представља спољашње физичке и нефизичке елементе који утичу на архитектуру (кућу), онда га повезујемо са захтевима пројектовања и реализације архитектуре. У овом случају говоримо о одредницама архитектуре као конкретног циља, тј. о пројектантском задатку.

Ако контекст посматрамо у дигиталним архитектонским оквирима, он представља вештачку средину, тј. средину за дигитално пројектовање – кодирање, у којој изабрани параметри имају улогу фактора и одређују је у виду вештачке средине.<sup>4</sup>

У сва три случаја неминовно је присуство архитекте у процесу стварања архитектуре у смислу постављања, вођења и диктирања архитектонске приче. Позиционирање архитекте у дигиталном приступу архитектури, где он поставља параметре новог контекста, постаје у последње време све више провокативно у смислу истовремене појаве његове умањене потребности и неопходности.

Тренутак захтева посматрање истог простора са различитих позиција, како првих практичних тако и накнадних теоретских – филозофских поставки и отварање дијалога, пошто су неки догађаји у развоју технологије у процесу

---

<sup>4</sup> Слађана Марковић, „Процес „дигиталног ланца“ у пројектовању и релизацији архитектуре“ (магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009).

пројектовања и реализације архитектуре преобликовали нашу дисциплину са својим још већим потенцијалом и новом улогом архитекте у некој врсти театра, као међупростора између измишљеног и реалног – стварног. У том театру је нова пројектантска активност архитекте да буде нека врста *мађионичара* или *перформера* у сваком смислу и сваком делу архитектуре. *Fabricate*<sup>5</sup> конференција упозорава управо на ту промену путање архитектуре уз враћање на почетке, изворе и на могућности проширења и дефинисаности њене нове делатности у будућности.

Слојевита комплексност новонастајуће архитектуре, укрштена са новом пројектантском активношћу, као у релацији са Витгенштајном (нем. Ludwig Wittgenstein), најкомплекснијом активношћу коју људи обављају<sup>6</sup>, резултира решењем проблема савремене архитектуре кроз активност човека, са својственим карактеристикама емоција и комуникације као контроле дигиталне архитектуре. Аутор изазову технологије у архитектури приступа пројектантски са поставком контекста сагледавањем услова, начина и конфликта технологије и архитектуре као решења и проблема.

### **1.1 Услови: Увод у теоријске поставке филозофије технологије у архитектури – Комплексност захтева процеса пројектовања новонастајуће архитектуре**

Технологија представља употребу знања о алатима или вештинама и има утицај на могућност контроле и прилагођавања околине. Она је углавном последица науке и инжењерства, али су неке технологије напредовале и пре тога. Етимолошко порекло речи је у грчком језику од речи „*technologia*“ (грчки „*τεχνολογία*“), која се састоји од речи „*techne*“ (грчки „*τέχνη*“), што значи вештина и речи „*logia*“ (грчки „*λογία*“), што значи наука. Тачна дефиниција је елузивна и може се односити на материјалне објекте, као што су машине, хардвер (енгл. hardware) или алати, а може бити и проширена на теме, као што су системи, методе организовања и технике. Међутим, термин се, углавном, користи у три

---

<sup>5</sup> Fabricate 2014, Conference of Bartlett School of Architecture, University College London.

<sup>6</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise*, (New York: Routledge, 2009), 24.

различита контекста: када се говори о алату, техници, тј. вештини и културолошкој сили или комбинацији ова три контекста.

Технологија у архитектури је комбинација сва три контекста и подразумева сложено знање, које је потребно за управљање и руковање. Комплексне модерне машине захтевају целе библиотеке написаних техничких приручника са сакупљеним информацијама, које су континуирано повећавали и унапређивали њихови пројектанти, градитељи, људи задужени за њихово одржавање. Да би се њима једноставније манипулисало, постоји и инфраструктура мање комплексних алата, техника – вештина, процеса и праксе, која је у функцији подршке тих система.

У архитектури се, у циљу објашњења новог приступа, све више ослањамо на филозофију технологије, која је настала разматрајући технологију у смислу разумевања пројектантске праксе и креираних артефаката, укључујући процесе и системе настајања, као и разумевања природе креираних производа у континуитету филозофије науке и филозофије акције и доношења одлука. У овом раду базирамо се на постулатима савремених филозофа који се баве филозофијом технологије у релацији са архитектонским производом: Мартина Хајдегера (енгл. Martin Heidegger), Жил Делезеа (енгл. Deleuze Gilles), Мишела Фукоа (енгл. Michel Foucault), Феликса Гатарија (енгл. Guattari Felix), Луиса Мамфорда (енгл. Lewis Mumford), Хербета Симона (енгл. Herbert Simon), Карла Мичама (енгл. Carl Mitcham), Мануела Деланде (енгл. Manuel DeLanda), Пола Вирилиа (енгл. Paul Virilio) и Мариа Карпа (енгл. Mario Carpo). Теза се ослања и на поставке стваралачке еволуције Анрија Бергсона (енгл. Henri Bergson).

Хајдигер<sup>7</sup> се бавио разумевањем технике у смислу куће као машине за становање и увођењем техницизма до те мере у појам архитектоничности. Његово капитално дело *Градити, живети, мислити* нас враћа на питање ко мисли, када и како. Увезивањем термина куће за становање и мишљења долазимо до закључка да је архитектонски производ машина мишљења, а не обрнуто.

Делезе и Гатари, преко најсавременијих технологија о градњи, важности перформанса грађевине над самом формом, над изгледом, анализирају архитектуру. Делезе стварање види као кретање које изазива дијалектику форме и

---

<sup>7</sup> Martin Heidegger, *Vortraege und Aufsaeetze – Was heist denken* (Tübingen: Neske, 1954).

идеалну синтезу, која му пружа меру и поредак. По томе је архитектура, у ствари, уређен прелазак једне форме у другу, тј. један поредак поза или нарочитих тренутака, као у плесу<sup>8</sup>. Правимо и разлику између осећања и акције, које Делезе означава као *примарност* и *секундарност*, а додаје им и трећу врсту слике, коју назива *ментално* или *трострукост*.

Мануел Деланда, поставком нових филозофских теорија на постаменту интелегентних машина у технологији, даје мишљење да пре завршетка грађевине треба одлучити о концепту и нацрту начина извођења, што је директна веза са носиоцем одлуке – архитектором и алатом као делом концепта.

Марио Карпо објашњава дигитални преокрет у архитектури који стиже 1990. као потребу постмодернизма за варијабилношћу и деконструктивизма, са дигиталним алатима као доступним технолошким могућностима за масовну производњу. Описује га кроз тематска поглавља: Постмодернистичка наука неодређености, Комплексност, Теорија хаоса, Теорија катастрофе, Нелинеарност, Теорија система, Новонастајање, Систем самоорганизације, Проналажење форме, Неодређеност, Неодредив, Неодређен.<sup>9</sup>

Фуко као филозоф технологије је релевантан за нове медије као алат у смислу моћи знања, дисциплинованим механизмима и жељом за контролом, што се може пренети и на архитектонске одреднице. То се нарочито односи на промене у комуникацији између људи у смислу повезивања, проналажења и утицаја на послове којима се баве.

На тај начин технологија у садашњем тренутку, ери *дигиталног дарвинизма*, делује на човечанство тако што заједно са друштвом много брже еволуира него што рад може да се прилагоди. То поставља и нову еру ауторства, као врховне улоге архитекте, субјекта, актера и носиоца архитектонског процеса. Управо са те позиције приступамо теми и једном од питања дигиталне зрелости, које се односи на то што је технологија и део решења и део проблема.

---

<sup>8</sup> Жил Делез, *Покретне слике* (Сремски Карловци, Нови Сад: Издавачка књижарница Зорана Стојановића, 1988), 10.

<sup>9</sup> Mario Carpo, *Digital Turn Architecture 1992–2012*. (London: John Wiley and Sons), 2012.

Дигитална трансформација вођена како технологијом тако и понашањем актера у свим процесима, па тако и у архитектонском, има три кључна аспекта:

1. најефикаснији начин са тачном визијом и подршком лидерства,
2. оптимизација искуства дигиталног корисника постаје првобитни циљ,
3. промена се материјализује кроз формирање тима дигиталне трансформације.<sup>10</sup>

Битно је поменути и теоријске постулате негранице између уметности и архитектуре као комбинације естетике, форме и функције, који датирају још из доба Адолфа Лоса и који су пренети и на савремене архитекте и стално се појављују у неком облику у архитектонској пракси. Са друге стране, тренутно стање технологије у архитектури са базира и на постојању и личном препознавању архитекте у делу; по мишљењу шпанског грађевинског инжењера Едурда Торохе (енгл. Eduardo Torroja), изазива и појаву савремених теоретичара, међу којима се истиче Патрик Шумахер (енгл. Patrik Schumacher) са појмом личног пројектовања (enl. self design) у делу *Аутопоезија*<sup>11</sup> у смислу бирања приступа себи својственог, а не формирања стила епохе на основу дигиталног алата.

Као што је већ поменуто, новонастајућа архитектура је данашња архитектонска стварност, која обухвата широк спектар различитих врста архитектонских производа, створених у паралелним процесима пројектовања и реализације конвенционалним, дигиталним или комбинованим алатима. Као одговор на комплексан контекст и захтеве данашњице, новонастајућа архитектура је сама по себи већ поменути експериментални процес, базиран на дигиталном приступу сталних проба и промена, који обавезно пролази фазу прототипа, а у највећем броју случајева и тестирање процеса пројективања и производње, материјала и машина.

У историји архитектуре насловно се тема везује са Бруном Таутом (енгл. Bruno Taut) и *стакленим ланцем*, али је суштински повезана са његовим

---

<sup>10</sup> Digital Darwinism: How Disruptive Technology Is Changing Business for Good, приступљено 01.04.2016, <http://www.wired.com/2014/04/digital-darwinism-disruptive-technology-changing-business-good/>

<sup>11</sup> Patrik Schumacher, *The Autopoiesis of architecture* (Chichester: Wiley, 2011).



приступом футуристичким идеалима и техникама. Значајније се базира на приступу Брајана Лоусона (енгл. Bryan Lawson) у смислу развоја и објашњења архитектуре као пројектантске науке и у циљу демистификације улоге и значења архитекте за процес, самог процеса и утицаја процеса.

Дигитална феноменологија, као покретач идеје дигиталног приступа у архитектури, није само организован процес, већ и ефикасан начин решења сталног архитектонског проблема дугачког пута и одвајања пројекта од реализације. Процес стварања дигиталне архитектуре, заснован на принципу „*дигиталног ланца*“, савладава „*дигитални јаз*“.

Новонастајућа архитектура ставља пред архитекте велики број захтева који су сада и дигитални, међусобно условљени варирајућим, више или мање прихватљивим резултатима. Архитектуру као науку и уметност пројектовања и обликовања простора, постављену на устаљеним полазиштима, детерминишу контекст и просторност.

Као што је већ речено, архитектонски контекст је, у основи, веза мисли и различитих нивоа комуникације. Урбанистички услови и услови средине подразумевају комуникацију архитектуре са регулативним нормама, стандардима, као и планским решењима, све више заступљеним и на глобалном нивоу дигиталног система. Контекст је раније подразумевао комуникацију са окружењем и суседом, тј. дух места. Данас контекст подразумева и комуникацију са садашњим тренутком у смислу технолошког напретка. Даље посматрано, нови контекст је и комуникација параметара програмирања, тј. кодирања. Новонастајућа архитектура је производ преклапања технолошког алата и контекста са својим везама ка различитим комплексним захтевима, приступима и акцији од стране експерта, који поседује вештине смисленог повезивања у производ, тј. простор. Просторност архитектуре је одређена функционалношћу и формом.

Функционалност подразумева усклађеност архитектуре са захтевима намене, као и стандардима пројектовања и мерама одговарајућих кориснику – човеку. Са друге стране, економска неодрживост једне функције, као и комплексне активности човека, уводе као основни захтев мултифункционалност, тј. флексибилност простора, што се нарочито огледа кроз параметар корисности

великих пројеката са предвиђањем и сагледавањем различитих функционалних програма у циљу одрживости архитектуре (куће).

Обликовање је процес усклађивања контекста и функције у виду геометријског тродимензионалног резултата – архитектуре, која пролази све естетске критеријуме (Слика 1).



Слика 1: Везе комплексности захтева новонастајуће архитектуре

Данас се обликовању додају и пратећи ефекти, који су резултат техничких захтева и савременог тренда. Ефикасност и одрживост су захтеви брзине, квалитета и очувања пројектовања и извођења архитектуре. Претходни захтеви подразумевају дигиталне алате као олакшице у решавању задатака и проблема, као и неминовности данашњице. Није само геометрија пригодна програмској структури, већ програмска структура ствара нови контекст параметара са имплементацијом као решењем проблема. Комплексност захтева је условила стварање дигиталне технологије, али је и повећање захтева условило даљи развој дигиталне технологије у захтеваном правцу. Утврђивање потреба и проблема захтева, као и комплексно истраживање на почетку сваког пројектовања, захтева особу која стоји испред и иза комплетног приступа и процеса.

Разумевајући дигиталну културу по Милеру<sup>12</sup>, дигитална технологија укључује информационе комуникационе технологије, тако да нова технологија предвиђа и трансформацију друштва, постављање услова за друштвене промене и прогрес, а самим тим технолошке иновације постају покретачи прогреса. Технологија је активни агенс који покреће културу и друштво по узрочно

<sup>12</sup> Vincent Miller, *Understanding digital culture*, (London: Sage publications, 2011).

последичном принципу. Она се увек дешавала независно од друштва, а друштво касније мора да се снађе у новонасталим ситуацијама које она проузрокује. У целокупном разумевању дигиталне културе је неопходно испитати промене и настајање трансформација културолошких форми – феномена, који већ представљају озбиљан део корисничке и медијске културе.<sup>13</sup>

Посебан задатак информатичког друштва и коришћења дигиталних медија у погледу архитектуре је и истраживање начина којима раст информатичког друштва позиционира нове изазове и трансформације старих социо културолошких тема и веза, од којих су главне детерминанте: неједнакост, снага, идентитет, тим и припадност.

Условљеност нових приступа се базира у технолошком смислу на интерактивном пројектовању и реализацији архитектуре, који захтевају, у социолошком смислу, интерактивност актера архитектонског процеса у оквиру идеје, спољних и унутрашњих утицаја, моделовања и спровођења прототипа у финални производ – архитектуру. Суштина овог процеса је производња у смислу реализације креативног решења проблема.

Суштински циљ архитектуре остаје исти, али се процес значајно мења. Неопходност размишљања, критичког мишљења и деловања архитекте су очигледни, али места неопходности архитекте нису прецизирана и дефинисана.

## **1.2 Начин: Ланац у дигиталном и конвенционалном приступу у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре**

Постоји велики број истраживања на тему дигиталне технологије у пројектовању и реализацији архитектуре. Како је њена употреба узела превеликог маха у смислу контекста и правца еволуирања технологије, данас се сусрећемо са нерешеном позицијом архитектата у новонасталим условима пројектовања и реализације, као и са развојем његовог будућег позиционирања. Упоредивањем конвенционалног приступа, демистификованим од стране Брајана Лоусона, и

---

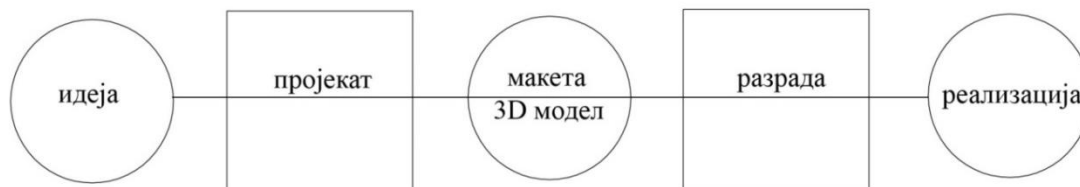
<sup>13</sup> Philosophy of Technology, приступљено 01.04.2016,  
<http://plato.stanford.edu/entries/technology/#CenDesTec>

дигиталног приступа у процесу пројектовања и реализације архитектуре, покушавамо да их сведемо на есенцијалне и сличне мерне јединице у тражењу основа и приступа кључним и неопходним архитектонским позицијама.

Конвенционални приступ пројектовању и реализацији архитектуре се базира на идејном решењу пројектантског задатка, сагледаног кроз личну визију архитекте.

По Ричарду Мекормеку (енгл. Richard Maccormac)<sup>14</sup>, процес пројектовања је путовање, *епизодно путовање ка дестинацијама које не познајемо, које су као живот, као писање и као све уметности*. Иста констатација се и данас односи на развој процеса стварање архитектуре под утицајем технологије, који се поново преиспитује и редефинише. Уз изнад наведену, различите дефиниције процеса воде до тога да посматрајући архитектонски процес са различитих тачака гледишта и кроз различите дефиниције процеса константно долазимо до неке врсте *ланаца* у архитектури, било да говоримо о тренутно заступљеном или о дигиталном приступу. *Ланац* у архитектури се увек састоји из детерминисаних *карика* и *веза*, чија се детерминисаност временом, захтевима и могућностима мења и поново конституише. Напредовање технологије и јачање у односу на архитектуру данас доводи пред нас анализу тренутне позиције архитекте, као и позиционирање архитекте у новом поретку.

Конвенционални архитектонски процес је *ланчани* процес који се базично састоји од делова пројектне и производне архитектуре, базиран на методологији, поверењу, знању и искуству архитекта. Архитектонски *ланац* се у суштини састоји од идеје, пројекта, модела, разраде и реализације (Слика 2), са том разликом да пројекат и разрада пројекта неминовно представљају дводимензионалну визуелизацију идеје.

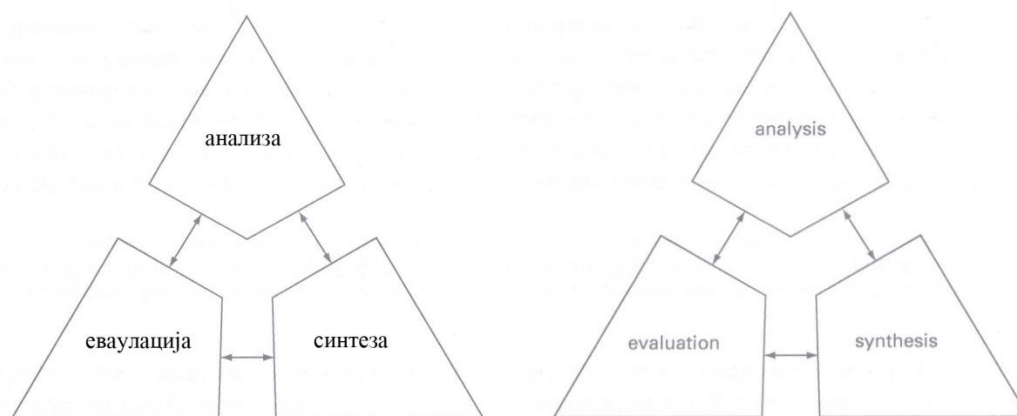


Слика 2: Анализа конвенционалног процедуралног модела у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре

<sup>14</sup> Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 11.

Основа главног заступљеног пројектовања је цртеж, који се везује са реализацијом, а функционише паралелно са речи, у корелацији. Међутим, некада се радило и без цртежа пројекта, поента је била само у изради – реализацији. Цртеж је и инструмент, провера, систем симбола, трансформације између проблема и решења.<sup>15</sup> Цртеж је презентација маште и идеје, анализа идеје и потврда идеје, као по Карлу Скарпи, који каже да жели да види и да само зато црта.

Лоусонов модел повезивања процеса пројектовања у виду троугла: анализа – евалуација – синтеза је искрен безвременски модел архитектонског процеса (Слика 3)<sup>16</sup>. Пројектовање се може посматрати као ланац увезивања са различитим утицајима, првенствено као мешавина креативности и анализе: учење – предлог сагледан кроз експеримент, еволуција – креативни скок, креирање од проблема до решења у форми међурешења које није ни комплетно фиксирано нити слободно; синтезе као интегрисаности кохерентног садржаја – одговор на много питања у једном интегрисаном решењу; основна људска активност – посебан начин размишљања у коме је, за разлику од уметника, слобода увек ограничена пошто је процес стварања детерминисан захтевима и потребама; и фаза експеримента – тестирања и учења датог предлога кроз пројектовање.



Слика 3: Искренија графичка презентација процеса пројектовања (енгл. A more honest graphical presentation of the design process)

Извор: Bryan Lawson, *How designers think*, (New York: Routledge, 2005), 40.

<sup>15</sup> Bryan Lawson, *How designer think* (New York: Routledge, 2005), 60.

<sup>16</sup> Ibid. 40.

Архитектонска делатност се, у суштини, базира на сегментима образовања, практиковања архитектуре и повезивање праксе са теоријом архитектуре и обрнуто.

Креирање и развој пројектантске експертизе су одлике сваког пројектанта и суштинска нит сваког архитектонског процеса. Та експертиза је сажета у наизглед малом, али великом делу пројекта – идеји. Идеја се увек везује са интуицијом и осећајем архитектата и представља мост између проблема и решења. Иако никад није конкретан производ, за архитекту јесте. Што видимо тада, видимо и на самом крају. Посебно се везује уз стандардно размишљање кроз цртеже, који како Денис Скот Браун (енгл. Denise Scott Brown)<sup>17</sup> каже, нису само уметност, већ више вид комуникације са самим собом и људима за столом, која изазива нервозу и тензију у разговору тима за столом<sup>18</sup>, услед потребе за даљим унапређењем, провером и реинтерпретацијом идеје.

Линија дигиталног архитектонског процеса даје идеално стање континуалног архитектонског процеса. У почетку је рачунарска технологија уведена као појачање човековим способностима које омогућава чување и поновљену употребу информација знатно брже у одређеном процесу, у складу са уређеним правилима. По Лоусону, рачунар је мудра одлука, моделар, цртач и укида вештину цртања у архитектури као табла за цртање<sup>19</sup>, као и размерник свих размера и димензија<sup>20</sup>. Пројектује теоретски очекивано, али практично неочекивано и кретивно. Ментална активност архитектата пре скицирања, а затим и цртање на рачунару, данас представља рачунарско знање. Међутим, и заступљеност вештина познавања рачунарских програма и коришћења истих у пројектовању – цртању са поентом, а не само због ефекта, јесте важан део тог знања.

Увезани 3D дијаграм пројектантских одредница и ограничења (Слика 4)<sup>21</sup> представља део критеријума пројектовања и неопходних комуникација. У њему

---

<sup>17</sup> Denise Scott Brown је амерички архитекта, планер, писац, наставник и директор компаније *Venturi, Scott Brown и сарадници* у Филаделфији.

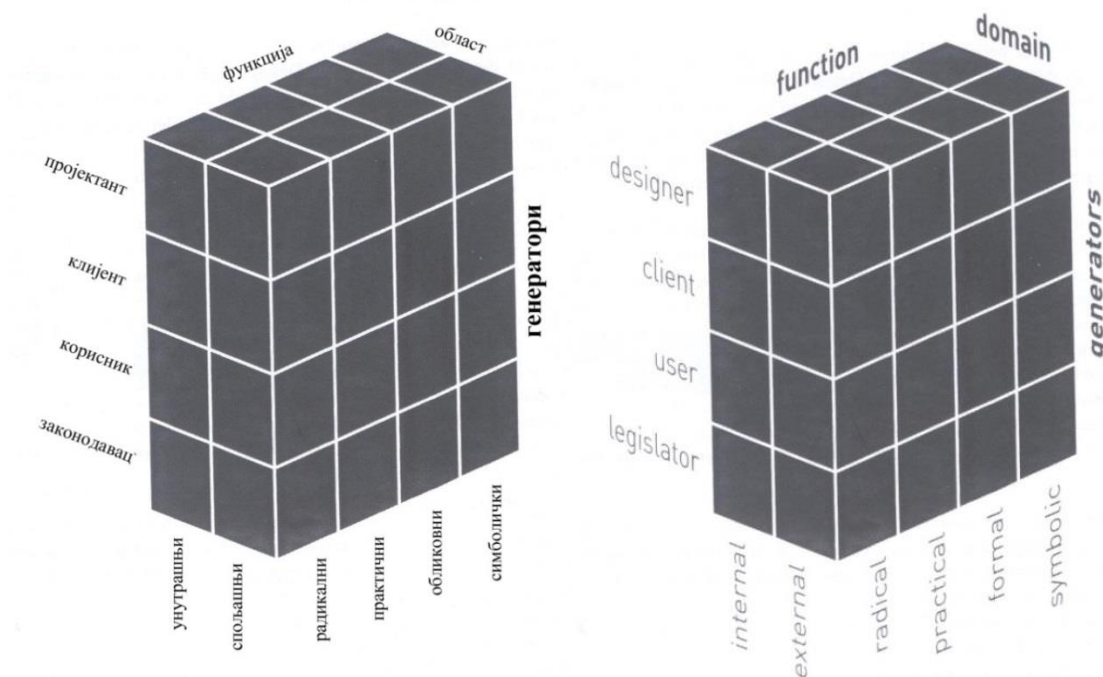
<sup>18</sup> Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 47.

<sup>19</sup> Bryan Lawson, *How designer think* (New York: Routledge, 2005), 61.

<sup>20</sup> Ibid. 72.

<sup>21</sup> Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 131.

су смештене све утицајне снаге архитектонског ланца: учесници, функција, генератори, локација, приступи и област.



Слика 4: Пројектантске одреднице (енгл. Bryan Lawson's model of design constraints)

Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise*, (New York: Routledge, 2009), 131.

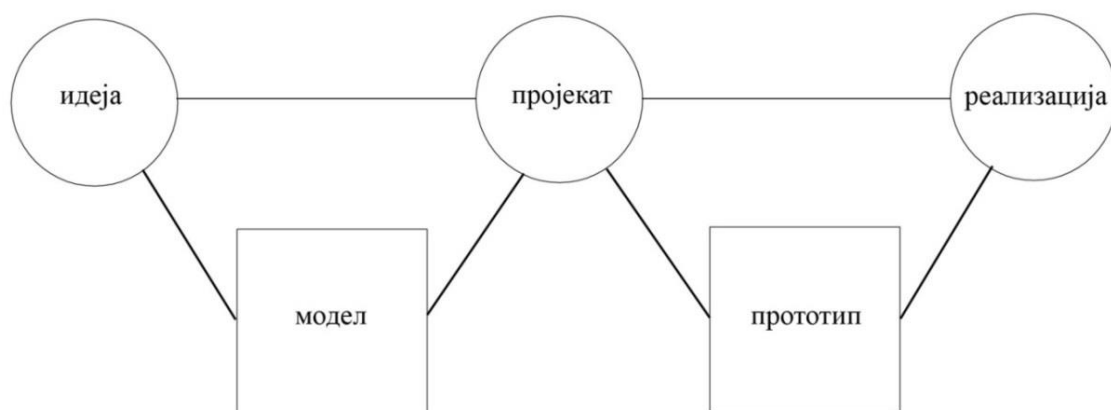
Тренутно се архитектура ствара паралелно са мануелним, дигитализованим и дигиталним путем, што углавном резултира употребом комбинованих алата и реализацијом комбиноване архитектуре. Архитектура, комплетно базирана на дигиталном приступу, заиста одговара на комплексан контекст својствен данашњици, састављен из више међусобно преплетених слојева. Комплексни захтеви и услови стварају савршену средину за употребу ефикасних алата. Иако дигитална технологија последњих деценија знатно помера границе процеса пројектовања и реализације архитектуре, развој дигиталне технологије у паралелној употреби не прати потребе архитектонског продукта.

И по Тому Мејверу<sup>22</sup> (енгл. Tom Maver), однос архитектонске идеје према рачунарском средству постаје обрнут, тако да се ствара неконтролисана

<sup>22</sup> Том Мејвер (енгл. Tom Maver), архитекта, истраживач на пољу дигиталне технологије у архитектури и оснивач ABACUS.

архитектура, а базна идеја архитектуре је добро пројектовање, те мора доћи до евалуације позиције архитекте у новом архитектонском процесу.

Однос архитектуре и дигиталне технологије се, уопштено гледајући, развија од прве генерације рачунарски подржаних (CAD) система који су нудили само лимитирани рачунарски софтвер визуелизације и документације, фокусиран на дводимензионалном приказу тродимензионалних објеката, који је коришћен само у прелиминарним фазама пројектовања; преко касније развијених система, који су давали могућност пројектовања модела комплексне геометрије са приступом тродимензионалном геометријском моделовању и могућој структуралној и дводимензионалној анализи истог; и до превођења (енгл. exported) кодираних пројектантских захтева у готов архитектонски производ везом са рачунарски нумерички контролисаним (CNC) машинама. Данас је рачунарски подржано архитектонско пројектовање (CAAD), уз рачунарски подржану производњу (CAM), медијум који шаље поруку о процесу пројектовања и реализације архитектуре симулацијом (дводимензионалним и тродимензионалним проверама – модел и прототип) и комуникацијом технологије масовног прилагођавања (Слика 5).



Слика 5: Дигитални модел у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре

Битан фактор дигиталног пројектовања је и израда модела кроз израду прототипова и укључивање карактеристика машина и материјала као захтева по којима се креира, што Боб Шејл (енгл. Bob Sheil) зове производњом уговореног по угледу на модул и израду по мери. Иако се надовезује и на повезаност појаве



стилова у обе сфере, сматра да је у архитектури то начин рада, а не стил. Директна веза је са параметарским пројектовањем.<sup>23</sup>

Дигитална технологија је алат који нам омогућава превод идеје у реалност, приступима који производни део укључују у идејни део архитектонског процеса. Њиховим међусобним прожимањем архитектура данас шири и мења интердисциплинарност поља свог деловања, тако да све теже може да функционише неvezано од осталих дисциплина.

Архитектура данас није одређена нити усмерена, али је дигитална CAD/CAM технологија у великој мери већ заступљена у одређеним сегментима и неконтролисано преузима примарну улогу у односу на архитектонску идеју. Као што је већ поменуто, ово истраживање је научна студија која се бави позиционирањем улоге архитекте у дигиталном CAD/CAM приступу пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре уопште, али углавном по принципу „дигиталног ланца“.

„Дигитални ланац“ јесте непрекинути процес у коме се архитектонска намера коришћењем дигиталних алата директно материјализује и користи као метафора за непрекинути дигитални процес сачињен од пројектовања (идеја, кодирање – проналажење геометрије), преко конструкције (структура, повезивање и прототип) до реализације (употреба нумерички контролисаних машина CNC). Сваки његов корак је програмирана целина, која је са другом везана преко универзалног интерфејса. Рачунар се не посматра као пасивна дигитализована табла за цртање, већ као активно пројектантски контролисано средство.

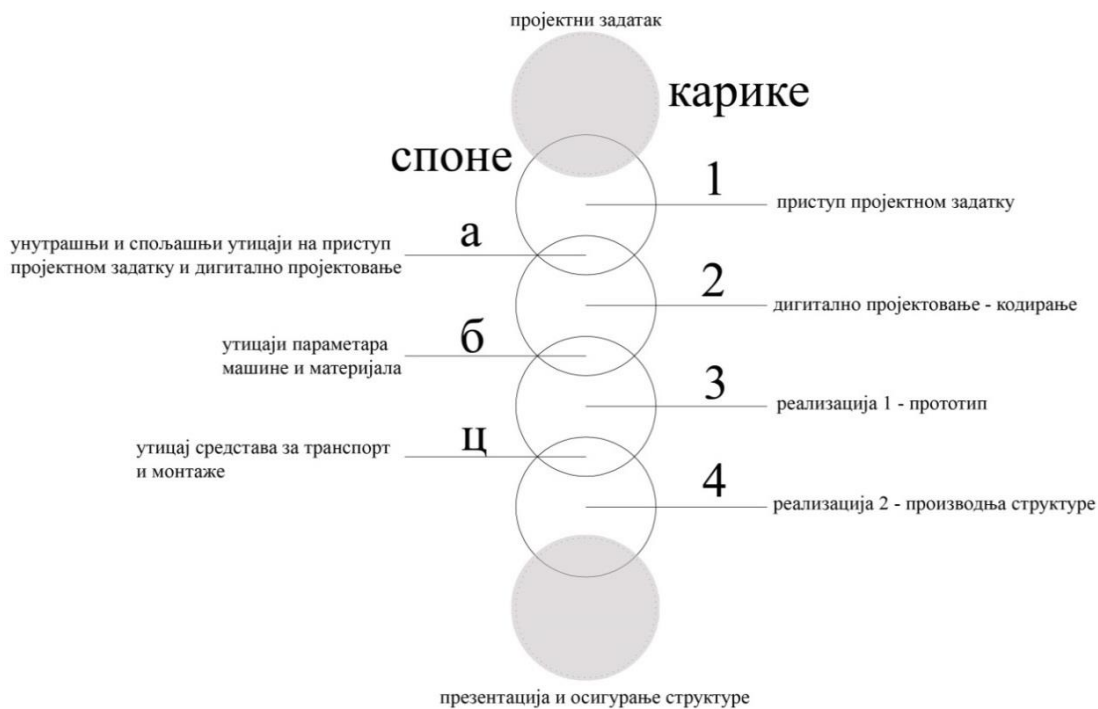
„Дигитални ланац“ јесте комплексан континуални алат за решавање проблема (Слика 6). Данас је и средство за добијање и коришћење кода. Код без слика и речи је само текст који ништа не значи. Међутим, једноставном манипулацијом кодирања добијају се различите врсте потребних цртежа, тј. интерпретација идеја или представа решења. Трећа димензија се добија једноставно. Рачунар олакшава предвиђање архитектуре концептуалним структурама – презентацијом паралелно у различитим менталним модалитетима, у складу са архитектонском мисли, материјалом и машином, а не против.

---

<sup>23</sup> Bob Sheil, *Manufacturing the bespoke* (Chichester: Wiley, 2012), 6–10.

Дигитални приступ у пројектовању и реализацији је унапређени приступ, где дигитална технологија као алат учествује у процесу и стварању архитектуре.

Тема је заснована на преклапању устаљеног приступа у процесу пројектовања и реализације архитектуре са унапређеним дигиталним алатима на основу захтева функције, концепта и контекста, а не базично на архитектури код које форма диктира функцију или код које конструктивни систем структуре диктира функцију и архитектуру, што је првобитно био случај са неконтролисаним уношењем дигиталног алата у архитектуру. Међуприступ и почетак дигитализације пројектовања је управо био наставак класичног пројектовања, у коме је цртање руком замењено цртањем на рачунару. Следећи корак у развоју дигитализације архитектуре је била употреба машина у извођењу неправилних форми. Пројектовање таквих форми и одређивање крајњег решења је олакшавао у једном тренутку рачунар, а већ у следећем је одређивао и сам пренос информација. Унапређење процеса се, пре свега, односи на укључење реализације у фазу пројектовања, везу пројектовања и праксе, решавање комплексности и контроле од стране архитеката, са ослоном у виду допуне образовања у правцу дигиталног пројектовања и реализације.



Слика 6: „Дигитални ланац“ – шема са карикама и спонама

Линија дигиталног архитектонског процеса пружа идеалну равнотежу архитектонског континуираног процеса, који кодирањем као поступком и процедуром од идеје, преко прототипа, до реализације истовремено омогућава креативност и контролу. Код омогућава различите нивое комуникације у дизајну. То је у исто време: линија, модел и прототип, као и концепт, извођачки пројекат и архитектура.

Линија конвенционалног архитектонског процеса има могућу грешку у виду недиректне везе са реализацијом, тако да често део разраде пројекта остаје везан за локацију и мења архитектуру. Са друге стране, пројектовање и реализација „дигиталног ланца“ нису одвојени, него се значајно преклапају, јер су утицаји машине већ укључени у идеју на почетку и карици 3 (реализација 1 – прототип) (Слика 7).

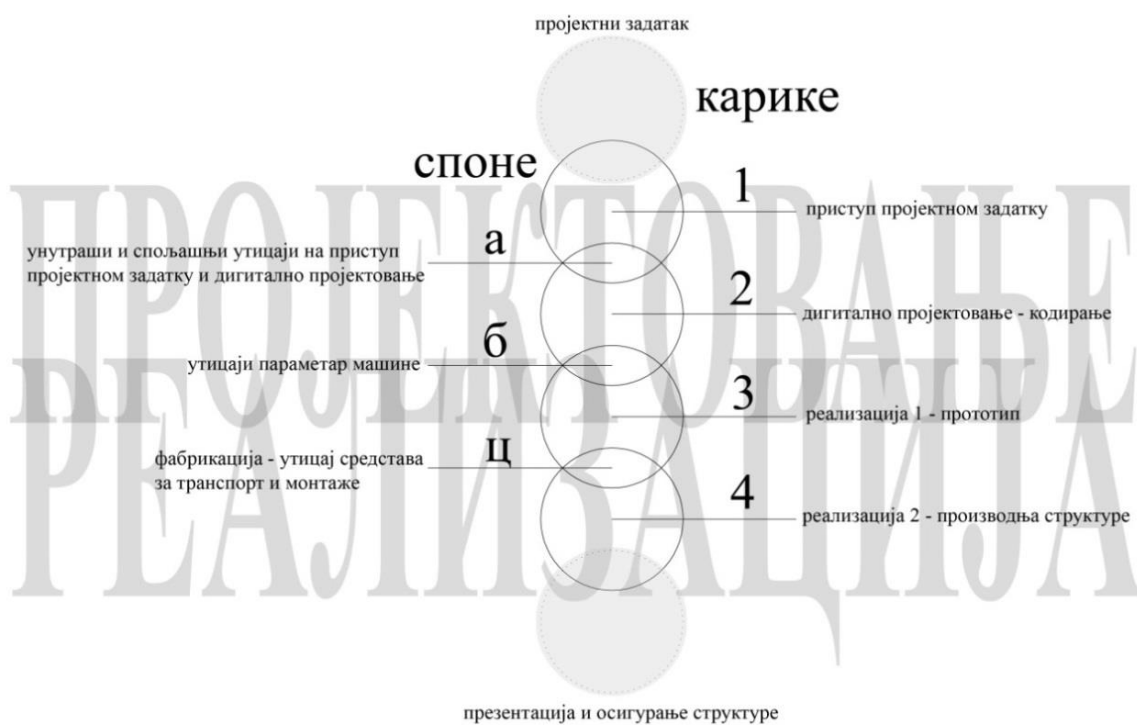
Ограничење контроле архитеката у производњи је смањено. Делови конвенционалног пројектовања су присутни у целом ланцу, са назнаком да је машина укључена директно у идеји (Слика 8). Делови идеје и реализације су много ближе преко пројектовања.

Ослањајући се на Петерса, закључујемо да фокус није само на идеји, коју пројектант уводи у програм, већ и на могућности изражавања те идеје њеним коришћењем у развоју програма.<sup>24</sup>

Нова улога архитекте у стратегији архитектуре и његовог позиционирања је да архитекта креира и процес и враћа се у реализацију посредно – знајући параметре машина и материјала потребне за кодирање идеје, и непосредно – у смислу контроле производа. Наговештава се и велика улога архитекте у развоју апликативних програма, неопходних за развој и реализацију идеје.

---

<sup>24</sup> Brady Peters and Terry Peters, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013).



Слика 7: Карике и споне „дигиталног ланца“ у конвенционалном процесу стварања архитектуре



Слика 8: „Дигитални ланац“ са деловима пројекта конвенционалног ланца у архитектури

Дигитална технологија помера постојеће параметре и устаљени ред пројектовања од утврђених процеса, што не мора изузетно да води неправилности и комплексности форме, али свакако приступу и функцији, као и међуповезаности пројектовања и фабрикације. Долазимо до тога да је обевезан део архитектонског знања и даље пројектантско размишљање и мишљење кроз рачунарске моделе, који су истовремено и део пројектовања и реализације, базирани на истраживачки оријентисаном пројектовању. Пројектантско инжењерство је медијум између архитеката и грађевинских инжењера, који олакшава нове приступе са логиком генерисаних рачунарских система који интегришу материјал, облик и перформансе машина у пројектантском процесу који нуди начине обраде. У новонастајућој дигиталној архитектури је сваки нови пројекат нови експеримент, а „*дигитални ланац*“ није у сврси универзалности продукта, већ само покушаја универзалности приступа, док су пројекти и производи специфични, иако делују једноставно.

Рedefинисање архитектонске праксе уз развој дигиталних алата који креирају могућности пројектантског процеса, фабрикације и конструкције не базирају се на појму компјутеризације, него перформанси рачунарства и симулације, фабрикације и конструкције, као и интегрисане уметничке форме која надограђује способност архитеката да реше комплексне ситуације. Значајан део те рedefиниције је рачунарско пројектантско мишљење са рачунарским системским приступом које садржи кодирање – програмирање и програмерске вештине са могућим параметарским и генеративним одредницама. Дигитално пројектовање подразумева обраду информација и веза између елемената, који стварају специфично окружење. Највећа веза са пројектом и пројектантом је преко главне рачунарске апликације у реализацији производа створених унутрашњим и спољашњим карактеристикама.

### **1.3 Конфликт 1: Технологија као проблем – Доминантност дигиталног приступа у односу на архитектонску идеју**

Циљ истраживања је да се успостави ефикасно, комплексно, одређено и дефинисано пројектовање на бази разноликих материјала, које континуално води

ка серијски лимитираној аутоматизованој реализацији архитектуре, уз креативан и контролисан допринос архитектонске струке у сваком делу *ланца*.

У претходној декади је преглед информација везаних за „*дигитални ланац*“ и дефинисање „*дигиталног ланца*“ више пута представљено, тако да је у овом тренутку потребно установити и скренути пажњу на неопходност позиције знања и искуства архитеката у овом процесу, који је постао неминован, олакшавајући и кључан у решавању комплексног проблема у новонастајућој архитектури, заснован на међусобној условљености архитектонског производа и процеса пројектовања, као и њиховој зависности од дигиталних алата.

Директан проблем је у (не)присуству архитеката у дигиталном пројектовању по принципу „*дигиталног ланца*“ као решењу глобалног проблема дисконтинуитета пројектовања и производње архитектуре, тзв. „*дигиталног јаза*“. Увезујући процес пројектовања са дефинисаним деловима „*дигиталног ланца*“, теза даје резултате превазилажења мана и предрасуда о архитектонским дигиталним алатима и појачавања предности њихове употребе у процесу пројектовања уз стални архитектонски надзор. Развија се из односа дигиталне технологије и процеса пројектовања у архитектури у смислу решења проблема изводљивости и реализације, узрокованих комплексним условима, потребама, идејама и дигиталним техникама. Ове сложене информације – захтеви у „*дигиталном ланцу*“ као непрекинутом процесу су међусобно увезане дигиталним пројектовањем – кодирањем, које најинтезивније утиче на конвенционалан процес пројектовања и претвара реализацију – производњу у континуални наставак. Кодирање је синтеза података произашлих из детаљне анализе идеје и пројектантских захтева, уз добијање једног или више решења са задатим параметрима, који се затим проверавају кроз реализацију прототипа.

Постављање и контролисање свих параметара пројектовања, као и целокупног увезаног процеса пројектовања и реализације архитектонског производа, преко реализације прототипа, врши архитекта. У „*дигиталном ланцу*“ архитекта креира и процес и производ. Теза доказује да је креирање процеса пројектовања нове архитектуре и контрола сваке његове целине немогућа без јасно позиционираног архитектонског утицаја.

Неопходна улога архитекте и архитектуре у дигиталном приступу процесу пројектовања се доказује и поставља у први план кроз успостављање квалитета и изазова комплексног односа процеса пројектовања и алата реализације, као и новонасталих промена у процесу. Како је дигитално пројектовање и реализација већ увелико присутно, теза даје и упутства за превазилажење проблема и настојање коришћења дигиталних техника као алата за пројектовање и реализацију архитектуре, уз стално архитектонско креирање и контролу идеје, процеса и производа архитектуре.

Успостављање моћног система који варијабилним одговором увезује различите захтеве на више нивоа, у једном тренутку је довело до несагледавања и неконтроле производа од стране архитекте. Како се разрада идеје удаљава од концепта, раздваја се и од саме идеје. Архитекта и идеја остају усамљени на почетку *ланца*, док *ланац* касније добија различите примесе и услове, који мењају идеју и чине да преовладава процес над концептом. Иако је у „*дигиталном ланцу*“ процес сам по себи и сврха и решење, можда је сада тренутак враћању самој идеји, пројектовању и циљевима архитектуре уопште.

Иновације су промениле ток рада и приступ пројектовању у великом делу архитектонске праксе и архитектонског образовања. Суштина је да су спорадични случајеви учинили општи приступ, базиран на производњи и пракси, без правила промене у процесу и учењу. Хаос у новом приступу се временом сређивао, поимање архитекте као архитекте процеса је сада дошло изнад његове исконске улоге – да је архитекта и архитекта производа. Паралелно са предностима и ограничења су постала очигледна. Враћањем првобитној идеји логичности у архитектонском процесу захтева се преклапање логике архитектонског процеса и архитектонског технолошког процеса. Односи пројектантске идеје и рачунарског средства су у многим случајевима постали обрнути. Решавање проблема „*дигиталног јаза*“ ствара са друге стране појаву креативног архитектонског јаза.

Производ је постао материјализација могућности програма који их обликује у великом броју случајева, а ретко су рачунарски алати коришћени да унапреде пројектантска решења у оквиру комплексних грађевинских програма и ограниченог буџета. Постављање концептуалних приступа изван теорија рачунарске праксе захтева базирање на анализи односа алат – концептуални

модел (прототип) и коначно – материјализација, као и на пажљивом увођењу рачунарских пројектантских алата за добијање решења која превазилазе људске капацитете због међусобног повезивања у коду. У свему томе, као следећи корак, неопходно је постављење контролисане креативности архитеката у одређеним позицијама архитектонског процеса.

Интеграција процесних метода аналитичких процедура и проналажења генеративних форми је тесно повезана са условима постављеним од стране архитеката или инжењера. Свака оптимизација, било структурална или контекстуална, производи резултат само у реалности апстрактног рачунарског модела, а не финално решење за стварни свет нити индикацију за променом концепта пројекта.

Комплексност међувеза и честа конфликтност информација обликује производ – кућу, а експлицитни опис и објашњење тога остаје као изазов савременим рачунарским процесима. Данашња и будућа архитектонска пракса би требало да култивише критичку свесност таквих ограничења, како би развили успешне будуће стратегије.

Масовна производња практичног и наглашавања оперативног и корисног у технолошком архитектонском процесу је довела до занемаривања концепта, почетне идеје и исконских захтева архитектоничности. Дигитални потенцијали су пожељни у разумној иновативној имплементацији, уз одговорност према производу и према струци током процеса и последицама које иницира.<sup>25</sup>

Савремена архитектура на пољу рачунарски информисаног архитектонског пројектовања користи рачунарске алате са различитим функцијама, који се користе у различитим деловима пројектантског процеса. То су алати за ефикасност, флексибилност, варијабилност архитектуре, пројектовања и реализације. Они постижу боље, брже и квалитетније процесе и аутоматизацију уз високу употребу машина и технологије.

Архитектура данас неопходно мора да обезбеди ефикасна решења широког спектра комплексних питања и захтева које у својој интердисциплинарности

---

<sup>25</sup> Christoph Gengnagel, Axel Kilian, Norbert Palz, and Fabian Scheurer, eds., Computational Design Modelling Proceedings of the Design, Modelling Symposium, (Berlin: Springer, 2011).



подразумева, а за које постоје развијени технолошки алати. Једини медијум који то може да оствари је архитекта. Веза, улога и намера архитекте и пројектовања и реализације архитектуре је нераскидива, и тај однос је ванвременски и међусобно зависан. Позиција архитекте је временски променљива у зависности од развоја алата, пројектовања и реализације архитектуре, али постојана и неминовна.

#### **1.4 Конфликт 2: Технологија као решење – Укључивање реализације (производње) у процес пројектовања новонастајуће архитектуре**

Позиција архитекте у дигиталном приступу пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре, заснована на CAD/CAM технологији, често је услед комплексних услова и савремених захтева недефинисана, а у оваквим случајевима често и изостаје. Са једне стране, технолошки алати разрешавају раздор између пројектовања и реализације архитектуре, који је производ неповезаности комплексности размишљања и развијености индустрије, а са друге стране изопштавају присуство архитектонског знања и искуства. Заснива се на архитектонском производу неадекватне и смислене намере услед не само „дигиталног јаза“ који је глобални проблем неусклађености пројектантског и технолошког развоја, већ и услед архитектонски неконтролисаног утицаја технологије на реализацију архитектуре. Проблем се односи и на комплексност критеријума савременог процеса пројектовања. Поред уобичајених услова који дефинишу карактеристике простора (димензије, функција, осветљење, мултифункционални услови, веза унутрашњост/спољашњост, елементи конструкције и ентеријера, промена годишњих доба, промена доба дана), додају се и утицаји рачунарски нумерички контролисаних машина – CNC у производњи (врста материјала, начин обликовања, флексибилност и обрада материјала, параметри машина) на карактеристике појединих архитектонских елемената (орнамент добија функционалне одреднице и трећу димензију), као и положај и утицај пратећих (додатних) ефеката (светло, боја и др.).

Успостављањем места разлаза пројектовања и реализације архитектуре и решење проблема, као и места недоследности и формирања неконтролисане

архитектуре деловањем дигиталних алата уз испитивање предности и мана дигитализације процеса пројектовања и реализације, доказ за неопходност постојања се своди на јасну улогу и условљавање свих фаза дигиталног приступа у процесу пројектовања и реализацији новонастајуће архитектуре од стране архитеката. Надовезује се на полазну хипотезу непостојања директне повезаности пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре у конвенционалном процесу пројектовања и употреби процеса „*дигиталног ланца*“ као архитектонски контролисаног приступа који би постојећи јаз превазишао. Склоп *ланца* се временом мењао и мења се уношењем сложенијих алата. Дигитални архитектонски процес је унапређена верзија конвенционалног *ланца* у архитектури. Рачунарски алати су ту да развију дизајнерска решења комплексних захтева, али су временом створена и одређена ограничења.

Посебан значај предмета истраживања ове докторске дисертације се односи на анализу свих позиција у дигиталном приступу процесу пројектовања новонастајуће архитектуре ослабљених или неконтролисаних од стране архитеката уз, некарактеристично за устаљени приступ, увођење дефинисаних карактеристика и проблема реализације на почетак процеса пројектовања. Архитектонски проблем је велики пут или јаз од пројекта до реализације. „*Дигитални ланац*“ савлађује тај јаз. Базичан приступ употреби дигиталне технологије се, у ствари, односи на приступ стварању архитектуре уопште, тј. пројектовањем и изградом, прављењем. Веза са извођењем врши се преко машина са програмима за производ елемената. Неминовна употреба и зависност од дигиталне технологије и 3D алата који директно, највише и најједноставније утичу на форму и на тај начин стварају архитектуру, али продукују и отпор архитеката према употреби истог. Човек мења окружење да би га усагласио са сопственим потребама, али се самим тим и прилагођава ограничењима која средина неминовно поставља. Ослобађање архитеката од предрасуда стварања архитектуре дигиталном технологијом и ослобађање архитеката у њеном коришћењу познавањем исте је враћање на почетак. Новонастајућа архитектура је садашњи тренутак, међутим, тешко је причати причу тренутка која је истовремено и прошлост и будућност. То се, пре свега, односи на делове пројектовања и реализације дигитализоване архитектуре, који су у средини или већ на крају.

Повратак основним почецима пројектовања, а затим и реализације у стварању архитектуре, јесте неопходан и неминован.

Позиције и врста организације архитектонског процеса су постали јаснији, али се и даље мењају. У новом процесу, позиција архитекте је интерактивна у сваком кораку у виду флексибилне контроле као потребе, што са једне стране омогућава креативност, а са друге појачава нејасност позиције архитекте. Неопходност размишљања, критичког мишљења и логичке активности од стране архитеката су очигледни, али позиције његове неопходности нису одређене и дефинисане. У новом процесу позиција архитекте је интерактивна на сваком кораку флексибилне контроле, што с једне стране омогућава креативност док са друге стране појачава двосмисленост позиције архитекте.

Улога контролора је да управља информацијама превођења и конвертовања једног бинарног језика у други, тако да се лако разуме од стране људи и може лако бити схваћен од стране алата машине специфичне за сваки алат.<sup>26</sup>

Суштина овог процеса је директно вођење од стране архитекте, који контролише пројекат у смислу реализације креативних и контролисаних решења и производње знањем и креирањем нових алата. Архитекте ће *пројектовати понашање и одговорност саме машине*<sup>27</sup>. Позиционирање архитекте у процесу архитектуре је тренутно, флексибилно и зависно од самог процеса и односа архитектуре и технологије.

---

<sup>26</sup> Daniel Schodek, Martin Betchthold, Kimo Griggs, Kao Kenneth Martin and Marco Steinberg, *Digital design and manufacturing* (Hoboken: Wiley, 2005).

<sup>27</sup> Fabricate 2014, Conference of Bartlett School of Architecture, University College London.

## ГЛАВА 2

### Дигитални алати у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре – дискурс архитекте

#### **Навигационе мисли:**

Нови алат захтева и нову мисао. (енгл. *A new toolset suggests a new mindset.*)

Роберт Ејш (енгл. Robert Aish)

#### **Навигационе речи:**

техника – начин, кодирање, оптимизација, реализација – фабрикација, алат.

## Уводне напомене

Дигиталне технике пројектовања и реализације су унапређене стандарне технике технолошким алатима у погледу размишљања и презентације, а пре свега решавања проблема комплексности захтева. Нарочито су неопходне у циљу унапређења и сложене преплетености и умрежености креативности архитекте, тока пројекта и пројектовања употребом технолошких алата.

Проширење мисли Херберта Симона од пре пола века, који је разумео фигуру архитекте модерне као неког ко прави инструкције, поклапа се са идејом о пројектанту данас. Посао архитекте данас није да своје намере, идеје и амбиције сними у форми документа, који је показница осталим актерима у пројектовању и извођењу шта би требало да се ради, већ да те исте инструкције организује у пројектантско-извођачком коду као упутству, које садржи колективни, одрживи и фокус сарадње заједно са когнитивном структуром самог архитекте или као продукт исте.

Да ли је рачунарство медијум или порука или је и једно и друго? То је алат градитеља који мења архитектуру, а пре свега архитектонски процес. Ако је архитектура пракса, онда је рачунарство техника тесно везана са пројектовањем у смислу значења и доживљавања архитектуре. Симулација доживљаја коју архитекта диктира кодом веома помаже у верном пројектовању. Ово је нарочито омогућено тиме што архитекта може да направи и своју технику и алат, који највише одговара његовом доживљају архитектуре.

Улазимо у тему посебности дигиталног рачунарства као могућности креирања алата за сопствени израз и недозвољавања машини да диктира форму и стил. Управо је то рецепт за најбезболни приступ учењу и стварању новонастајуће архитектуре.

Како је параметарско пројектовање изгубило смислену архитектуру, архитектуру у будућности решава интегрисано пројектовање, које захтева платформу опремљену алатима и које подржава активности и сарадњу међу експертима различитих дисциплина – нови вид колаборативног архитектонског процеса и архитектуре.

Кроз процес је заступљен развој алата и софтвера уз константно истраживање, перманентно усавршавање, едукацију и учење технологије.

Писац Реј Курцвејл (енгл. Ray Kurzweil) увео је концепт *технолошке јединствености* (енгл. *technological singularity*), у коме машине имају способност да убрзају експоненцијално свој развој и где интелигенте машине стварају још интелигентније. Међутим, чињеница је да машине не могу да пројектују и производе, али 3D штампане технологије су прва генерација машина које додају недостајућу везу стварајући активне производе, који могу да реконфигуришу себе.<sup>28</sup>

Последња епизода транзиције из аналогног у дигитални свет је увек најамбициознија. Реч *дигитални* је искоришћена (енгл. *overused*). Може да значи различите ствари у различитим контекстима:

1. Дигитални значи чисто виртуелни, неотелотворене (енгл. *unbodied*) информације као у *физичком против дигиталног*, нпр. дигиталне новине;
2. Дигитални, што значи електронски, могућ за програмирање, као у *механичко против дигиталног*, као што је дигитални термостат;
3. Дигитални, значење од дискретне, прекинуте јединице, као у *аналогном против дигиталног*, као што је дигитални сат.

Конфузија настаје зато што дигитални рачунари омогућавају сва три значења – одједном представљају информације виртуелно, електронски и користећи дискретне делове јединица и нула. Могуће је да и *дигитални* предмети који постоје у физичком облику одржавају своју дигиталну природу у друга два смисла те речи. Они су могући за програмирање и састоје се од великог броја малих, дискретних бита.

Већина физичких објеката имају аналогно понашање. Компјутерски фајлови су дигитални по томе што се састоје од јединица и нула. Нема ништа између. Насупрот томе, најактуелније технике производње се могу сматрати аналогним пошто су произведени материјали практично континуирани. Али то не мора да буде случај.<sup>29</sup>

Првенствено је тема културолошка и уметничка, пре него рачунарска или генеративна, пошто разматра и културолошке импликације на програмирање.

---

<sup>28</sup> Hod Lipson, *Fabricated The new world of 3D printing* (Chichester: Wiley, 2013).

<sup>29</sup> Ibid.

Постоји велики број стручњака за програмирање, међу којима је и Марк Бари<sup>30</sup> (енгл. Mark Burry), који нису конкретно програмери, али дуговечност њиховог бављења овом темом је довела до низа увида који могу да послуже као провокација, ако не и као стварни *модус операнди* за опште усвајање.

Интелектуални пројектантски изазови идеје и логике дигиталног пројектовања су додатна мотивација за размишљање о овој теми у овој ери, као што је већ речено у уводном делу рада. Програмирање је нова креативна сила и део рачунарског пројектовања у циљу истраживања, али не и његова суштина. Неопходан је приступ креативног и критичког учествовања уз учење конвенционалног пројектовања, па је програмирање, као наставак, препорука.

Спекулација дигиталним пројектовањем је увек била ту, али подржана више као нека врста контракултуре (кроз активно ангажовање, пре него само толерисана) при релативно малом броју института, посебно DRL (AA) и Bartlet у Лондону, SCI-Arc у Лос Анђелесу, MediaLab (MIT), ETHZ, као и SIAL – Просторна Информатичка Архитектонска лабораторија (RMIT) на Универзитету у Мелбурну.<sup>31</sup>

Истакнути практиканти – коментатори образовања, попут Патрика Шумахера, уживаће при идентификовању и утеривању *параметрицизма* као првог правог стила, за разлику од модерног покрета који ће бити виђен у будућности по свом заузимању као сила манифеста, или свом могућем одбијању као површни преглед: Следимо параметарске парадигме пројектовања до краја, продирање у све углове дисциплине. Систематски, прилагодљивим варијацијама, континуираном диференцијацијом (уместо обичних различитости) и динамичком параметарском фигурацијом разматрамо све пројектне задатке из урбанизма до нивоа тектонског детаља, ентеријерског намештаја и света производа.<sup>32</sup>

---

<sup>30</sup> Mark Burry, архитекта, професор Урбаних карактеристика на Школи за дизајн у Мелбурну и главни архитекта на Саграда Фамилија (енгл. Sagrada Familia) у Барселони.

<sup>31</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 015.

<sup>32</sup> *Ibid.* 018.

Кристофер Александер (енгл. Christopher Alexander)<sup>33</sup> пионер је у дигиталној пројектантској методологији која се заснива на прављењу плана пројектовања и узрочно - последичних веза, као и предвиђања ситуација са командама *ако* (енгл. *if*) и онда (енгл. *then*). Иста ситуација као у кодирању примењена је на цео процес пројектовања и реализације. Суштина је да је архитекта данас и пројектант процеса.

Поставку архитектонских позиција можемо повезати са чворовима одлука, које представљају директан однос главне одлуке која утиче или обезбеђује контекст за секундарне одлуке. Овај став се на малој размери једноставно спроводи, док је у већим размерама зависан од објектно оријентисаног софтвера и алата неопходних за спровођење. Програм је веза између рачунарских и стварних објеката.<sup>34</sup>

У рачунарској ери рачунар генерише модел на основу кода, што омогућава и другачију архитектуру, која не мора неминовно да буде таква. Кодирање/програмирање је истраживачко пројектовање. Различити стилови програмирања различито контролишу ток добијања производа, који диктира архитекта. Архитекти је омогућено лако кретање између логике и интуиције, а јаз између пројектанта софтвера и пројектанта је скоро непостојећи. Није идеја користити само постојеће алате, идеја је и у односу на потребне критеријуме направити свој алат за рад.

Сарадња између архитеката и научника даје могућност провере и унапређења пројекта и производа кроз експериментални рад. Чињеница је експерименталност у дигиталном.<sup>35</sup>

Заступа се параметарско размишљање као логички метод генерисања форме са водећим правилима, променљивама и односима са преовлађујућим утицајем чисте и једноставне геометрије. Његов приступ је пут од једноставног са додавањем комплексности или још веће поједностављење једноставног. Иако постоји општи страх од контроле пројекта од стране кодирања, постоје различите

---

<sup>33</sup> Christopher Alexander, утицајни архитекта и теоретичар пројектовања са посебним утицајем у оквиру програмирања.

<sup>34</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 36–49.

<sup>35</sup> Ibid. 60–71.



врсте контроле у којима кодирање веома позитивно утиче на естетику, процес пројектовања и посебно представу пројекта. Приступ у већини моделарских алата је када пројектант директно и интуитивно ступа у интеракцију са моделом као скулптор са комадом материјала. Међутим, у програмирању се траже врло експлицитна правила од пројектаната, што је креативни, истраживачки и приступ утицаја са великим бројем информација и размера. Програмерским пројектовањем се решава проблем, што је основа и у конвенционалном пројектовању. Сам процес првенствено зависи од начина размишљања, што значи да је алат мање битан, а више логика решавања проблема и намера архитекте. Поента је у апстрактном пројектовању, на проналажењу правила за генерисање простора и форме, а и у изненађењу које програм понуди. То истраживачко искуство је најјачи аспект дигиталног кодирања.

Еволуцијом су софтвер и хардвер постали снажни, софистицирани и интуитивни. Комплексни дигитални процеси које софтвер креира могу бити и физички реализовани технологијом фабрикације, са тим да је и већем броју људи омогућен приступ алатима и учешће у дигиталном процесу пројектовања. Еволуција модела се зато не односи на сам модел, већ и на то ко га користи и како.<sup>36</sup>

Развојем и комбиновањем програма параметарски модел постаје динамичан, тако да и физички модел добија исте карактеристике, али и даје могућност дигиталном моделу да помоћу сензора живи и настави се и у току употребе физичког модела, тј. архитектуре. Пројекат реагује и у физичком прототипу и даје повратну реакцију, тако да улога у пројектовању употребе и оптимизације као и доношења одлука и преговарања постаје врло битна, пошто се додатно тиче и екологије.<sup>37</sup>

Пројектанти у дигиталном приступу процесу пројектовања и реализације архитектуре дају потпуно неочекивани повратни утицај развоју рачунарства, пошто њихови захтеви и идеје утичу на развој нових апликација. Уочљива је доступност и приступ информацијама и подацима, нарочито у области

---

<sup>36</sup>Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 80–91.

<sup>37</sup>Ibid. 92–101.

математике, која је све више у употреби. Посебан аспект су начини укључивања архитектата у ток концепта алата, пројектовања, развоја и дислокације улога. Пројекат постаје однос игра – процес идеја – извођење.<sup>38</sup>

## 2.1 Дигиталне технике у процесу пројектовања новонастајуће архитектуре



Слика 9: „Дигитални ланац“ – карике и споне пројектовања

Архитекта је стваралац. Без обзира на природу и производ пројектантског посла који је цртеж на папиру и који је вид предказања будућег грађења, он је и средство за постизање циља, а циљ је реализација. Дигиталне технике пројектовања новонастајуће архитектуре се везују за *карике* и *споне* пројектовања, приказане Сликом 9.

Основа дигиталног програмирања је у сличности са размишљањем човека, што већ у старту захтева његово присуство и његово диктирање целог процеса у широком пољу деловања: рачунарско пројектовање, фабрикација и архитектонска пракса.

Хаос у новом приступу се временом сређивао, поимање архитекте као архитектке процеса је сада дошло изнад његове исконске улоге – да је и архитекта производа и архитекта алата. Паралелно са предностима и ограничења су постала

<sup>38</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 102–111.

очигледна. Враћање првобитној идеји логичности у архитектонском процесу захтева преклапање логике архитектонског процеса и архитектонског технолошког процеса. Однос пројектантске идеје и рачунарског средства су у многим случајевима постали обрнути. Решавање проблема „дигиталног ланца“ са једне стране ствара појаву креативног архитектонског јаза са друге стране.

Производ је постао материјализација могућности програма који их обликује у великом броју случајева, а ретко су рачунарски алати коришћени да унапреде пројектантска решења у оквиру комплексних грађевинских програма и ограниченог буџета.

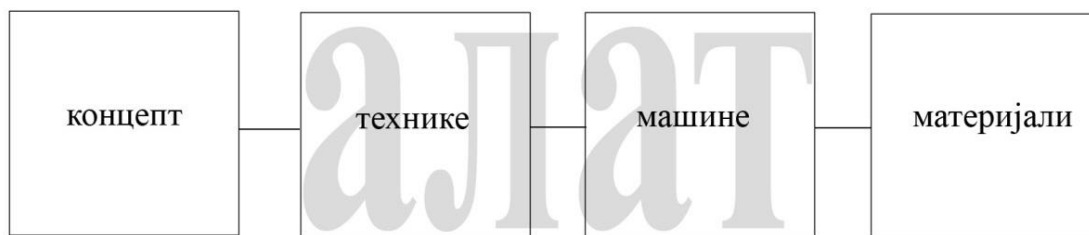
#### Искуство симулирања

Архитектура може да се посматра као цртеж, али треба размишљати о њој и као о симулацији. Архитектура је чин замишљања зграде у покретању из своје контрукције и затим у комуницирању овог концепта са другима до изградње. До данас, замишљање и комуникација су углавном рађени кроз цртеж. Међутим, то није нужно цртеж који дефинише архитектуру, али та способност ствара апстракцију зграде кроз нека значења. Архитекта је у стању кроз цртање да замисли како се светлост, простор и материјал односе у стварању архитектуре. Иако је у великој мери у уму архитектке, ова симулација ефекта и искуства је неопходан део архитектонског пројектовања. Прагматични аспекти перформансе могу се такође симулирати. Окружење дигиталног пројектовања може бити партнер пројектовања за ову симулацију архитектуре. Кроз усвајање нових технологија, креирање пројектантских техника, кодирање прилагођених пројектантских алата и стицање критичких перформанси повратних информација, способности архитектке су проширене.<sup>39</sup>

У оквиру дигитализованих процеса постоје различите могућности добијања конкретног производа. Одреднице процеса дигиталног пројектовања су концепт, алати – технике и машине, и материјали (Слика 10).

---

<sup>39</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013).



Слика 10: Одреднице дигиталног пројектовања

Избор радне средине сада постаје рачунарска средина, са тим да софистицирани рачунарски пројектантски алати захтевају огромну вештину и искуство, што не мора да произведе и сјајан пројекат. Управо ту долазимо до појма организације идеје кроз код и пројекат, уз развој когнитивних и креативних вештина које се поклапају са могућностима нових програма.

Кодирање је као писање сценарија или дијалога на основу кога се игра (прави) представа. Поставка језика, тј. инструкције рачунару, по којој се остали понашају је програмирање. Услед комплексности пројектовања настаје и комплексност кодирања.

Програмирање не представља средиште дигиталне праксе архитеката, али такође ни поверење програмима. Сада се даје и могућност учешћа пројектанта са својим жељама и креативним решењима у целокупном програму са параметрима који могу бити променљиви или аутоматски. Иако је програмирање део програма, корисник алата – пројектант сада постаје и израђивач алата - пројектант програма. Корисници програма га унапређују кроз мини програме.

Програмирање је раније било задатак специјалиста и није било део образовања архитеката. Данас су многи пројектанти сигурни у потенцијале креативног програмирања и убеђени да је непоходна промена као део образовања новонастајуће архитектуре. Промена још није јасно дефинисана и уведена стриктно у основно образовање архитеката, већ је више остављена појединачним случајевима према личној мотивацији.

Пожељно је да архитекте буду бар упознате са начином скриптованог кода у циљу бољег организовања кода и целокупног пројектовања, као део њиховог културолошког и теоретског знања. Скриптовани код мења руку и постаје алат за

мање талентоване цртаче, али и алат који јединствено тачно мора да замени и талентоване. Такође, дигитализација помаже лакшем ослобађању пројектантске силе у смислу људске потребе за поделом знања колективној критичкој маси.

Технике дигиталног пројектовања су везане приступом и начином архитектонског деловања. Начин формирања модела условљава две технике добијања кода.

Савремена архитектура на пољу рачунарско информисано архитектонског пројектовања користи рачунарске алате са различитим функцијама, који се користе у различитим деловима пројектантског процеса. Првенствено су помагали у постизању неправилне геометрије, а затим се развили у самосталне корисничке програме који се ефикасно допуњују међу собом и везују дигиталну геометрију са дигиталним производним процесима и алатима:

1. од физичког модела до дигиталног модела,
2. креативно-параметарски оријентисано проналажење форме.

Издаваја се параметарско пројектовање (енгл. parametric design), које представља промену облика у оквиру истог пројекта, и као такво даје још један могући приступ решењу пројектног задатка са великим бројем различитих решења.

Тако су настајали физички модели или 3D модели на основу структуралних потреба, чије су се карактеристике као база пребацивале у код. Ови модели су узрок кодирања (Слика 11).



Слика 11: Технике дигиталног пројектовања – кодирања – начин физички модел

До 2009. радионице су организоване тако да допринесу двоструком разлогу: упознавању учесника са програмом у развоју, као и истраживању и откривању савремених приступа у моделовању употребом параметарских контролних система различитих од директног моделовања, пошто теже мишљењу и пројектовању апстрактног, концептуалног нивоа у правцу готовог, а не презентације.<sup>40</sup>

Иновативност игра велику улогу у приступу архитектури. Поједини случајеви из праксе су деловали на прављење општих правила понашања у производњи и архитектонској пракси. Међутим, оно што је остало главно и неизмењено су правила промене у процесу и учењу, као и самом приступу новој архитектури, који захтева константну информисаност о новим технолошким достигнућима и примењеност на ток рада.

Међутим, као што је већ речено комплексност информација и међузеза обликују производ – архитектуру (кућу), али објашњење тога остаје као изазов савремених рачунарских процеса. Интеграција процесних метода аналитичких процедура, као и проналажења алата, који могу да изврше потребне захтеве по питању контекста, функције, конструкције и естетике је тесно повезана са условима постављеним од стране архитеката или инжењера. Свака оптимизација, било структурална или контекстуална, производи резултат само у реалности апстрактног – рачунарског модела, а не финално решење за стварни свет, нити индикацију за променом концепта пројекта.

Данашња и будућа архитектонска пракса би требало да култивише критичку свесност таквих ограничења, али исто тако и свесност надмоћи идеје над процесом, како би развитак алата процеса био, у ствари, основа за развој успешних будућих стратегија. Дигитални потенцијали су пожељни у иновацији, уз одговорност према производу и према струци током процеса и према последицама које иницирају. Одговор је радије у масовном прилагођавању, него у практичној масовној производњи.

Постављање концептуалних приступа изван теорија рачунарске праксе захтева базирање на анализи односа алат – концептуални модел (прототип) и

---

<sup>40</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 142–153.

коначно материјализација, као и на пажљивом увођењу рачунарских пројектантских алата за добијање решења која превазилазе људске капацитете због међусобних веза у коду. У свему томе, као следећи корак неопходно је постављење контролисане креативности архитеката у одређеним позицијама архитектонског процеса. Концептуални модел заснован на захтевима и параметрима је производ и последица кодирања. Базе могу бити математичке, геометријске и др. (Слика 12).

Базичан приступ је креативни приступ решавању програмерских проблема у смислу приступа архитекте који формира критеријуме за код – креативно кодирање. Промовише се дефинисање архитектуре на паметан начин у смислу укључивања архитекте са оригиналним идејама и контроле у условима трансдисциплинарне експертисе са интелектуалним циљем и достигнућем. Витални додатак је инстинкт креативног људског понашања, упркос устаљеним правилима.<sup>41</sup>



Слика 12: Технике дигиталног пројектовања – кодирања – начин концептуални модел

Иницијално, велики број комбинација различитих техника базира се на неколико основних зависности међу варијаблима и могу поделити архитектуру на:

1. Математички инспирисана архитектура и уметност – поставка геометрије је база кодирања и наставља се на вековну инспирисаност архитеката облицима,

<sup>41</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 154–165.

тако да облик постаје основа функције пошто се основни захтеви функције генеришу и прилагођавају потребној функцији мењањем зависних параметара кодирања. Алгоритамске функције се у већини случајева користе за параметарско пројектовање.

2. Структурални приступ архитектури и уметности – конструктивни систем је база програмирања и наставља се на природну структуру са циљем машинске производње. Започиње утврђивањем слагања конструктивних и конструкторских фактора елемената са пројектантским концептом. Углавном се односи на архитектуру великих простора широке и флексибилне намене.

3. Моделарски приступ архитектури и уметности – физичко моделовање је база програмирања и односи се на размишљање, тј. пројектовање кроз модел. Прва улога је била оптимизација елемената и добијање геометрије.

4. Моделарски приступ архитектури и уметности – рачунарско моделовање је база програмирања и односи се на размишљање, тј. пројектовање кроз модел. Данас се манифестује као веома комплексна геометрија која захтева инжењерску везу од прве идеје до извођења на лицу места и обухвата оптимизацију облика, одређивање тачака носивости на 3D мрежи, пројекат, анализу структуре и пребацивање података машини.

5. Приступ архитектури и уметности помоћу специјалних ефеката – база програмирања је генерисање слике, ефекти површине, светлосни ефекти, звучни ефекти, симулације и остали специјални ефекти који се не виде у стварном свету или представљају перформативну архитектуру, па су комплетно упрограмирани.

6. Интегрисани приступ архитектури и уметности – интегрисаност међу различитим зависностима ствара и омогућује комплексно решење. База програмирања је више врста зависности, што води ка мисли да је архитектура увек резултат вишеструких и неповезаних околности, које почињу да личе једна на другу. Тако су и форма, геометрија и контрукција манифестација исте концептне комбинаторике.

Како стално помињемо уметност као саставни елемент архитектуре, причу о новој техници и у уметности развијамо кроз дигиталне технике:

7. Један вид је коришћење орнаментике као несеријске производње, пошто је дигитална технологија финансијски и ефикасно поново дозвољава и омогућава у

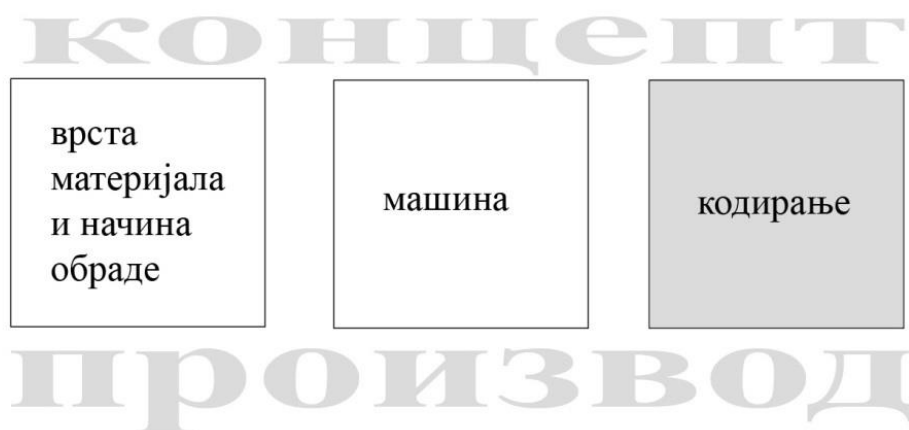


виду *масовног прилагођавања*. Архитекта је у улози уметника, креатора и диктира лимите решења кроз параметре захтева. Орнамент више није декор, орнамент постаје израз перформативне архитектуре.

8. Други вид је стварање форме преко симулације решења детаља, везаности архитектуре и ентеријера. Архитекта у потпуности ваја параметрима кодирања зграду, савијајући спољни омотач са преношењем у функционални програм ентеријера.

Развој техника у правцу веће креативности се углавном базира на комбинованој употреби као што је, на пример, комбинација параметарског моделовања и линераних комуникација преко 3D модела, уз дијалог са локацијским контекстом. Идеја је, рецимо, у смањењу додатних елемената пројектовања и обухватању геометрије површине како би се добио вредан концепт који није бескомпромисан архитектонски резултат, већ помаже и редуковања времена и цене конструкције, као што показује пројекат Спен (енгл.Span, архитектке Matias del Campo and Sandra Manninger).<sup>42</sup>

Избор технике утврђују и машина и материјал, изабрани концептуалним или физичким моделом (Слика 13).



Слика 13: Технике кодирања – циљ (врсте производа)

Алат је неопходно средство за реализацију, тј. за спровођење идеје у стварност, па се, као што је већ речено, укључује на самом почетку у процес.

<sup>42</sup> Christoph Gengnagel, Alex Killian, Norbert Palz and Fabian Scheurer, Computational Design Modelling Proceedings of the Design Modelling, (Berlin: Springer, 2011), 225–238.

Алатом се постиже ефикасност, флексибилност, аутоматизација и варијабилност архитектонског пројектовања и реализације. Однос између идеје и рачунарског алата постаје врло важан и релевантан.

Са друге стране, како је технологија увелико напредовала и одређени процеси већ подлегли експериментима, критичка евалуација алата понаособ и њиховог односа према процесу и актерима процеса постаје битна ставка у позиционирању архитеката. Укључивање архитеката у нове технолошке архитектонске процесе захтева већу заступљеност инжењерске стране архитектонске личности. Са те стране гледано, повезивање архитектонске интенције и дигиталних техника процеса је, у суштини, утицај познавања дигиталних техника на комплетан дигитални архитектонски израз.

Битан параметар који се налази између технолошких и архитектонских карактеристика је изабарани материјал са својим особинама и конкретним утицајем тих особина на машине које их обрађују.

Нове генерације које су рођене у дигиталној ери се раније упознају са дигиталним алатима, тако да прате трендове у технологији.

Пројектовање је данас рецепт или сценарио по коме се ради и који се састоји из малих делова, корака, секвенци, који представљају делове жељеног и креираног резултата, тј. производа. Релативно једноставни програми резултирају комплексним решењима. Кодирање је, по објашњењу Алена Кеја (енгл. Alan Kay)<sup>43</sup>:

Могућност *читања* медијума значи да можемо приступити материјалима и алатима генерисаним од стране других. Способност *писања* медијума значи да можемо генерисати материјал и алате за друге. Морамо имати писмено и једно и друго. У штампаном писању, алати које генеришемо су реторички; они демонстрирају и убеђују. У рачунарском писању, алати које генеришемо су процеси; они симулирају и одлучују.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> Alan Kay, амерички научник који се бави рачунарском технологијом, познат по радовима из области објектно оријентисаног програмирања.

<sup>44</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 08-19.

Када дизајнер пише програм за решавање проблема, алгоритам постаје део пројекта, и тада може бити истражен и на креативан начин. Али, као што Фабијан Шојрер (енгл. Fabian Schreuer)<sup>45</sup> објашњава, алгоритми су истовремено опис проблема и решење. Они дефинишу решење простора и изграђени су око дефиниције проблема. Шојрер тврди да је пројекат све што је везано са одлукама и да се оне делегирају, увек пратећи унапред дефинисане стазе. Често коришћење постојећих алата води ка постојећим решењима. Кроз стварање нових алата могу се наћи нови начини размишљања и нова решења.

Алгоритамско размишљање значи преузимање интерпретативне улоге да би се разумели резултати генерисаног кода и модификовања кода, како бисмо истражили нове опције и спекулисања о даљим потенцијалима пројектовања. Као пројектанти, ми смо под утицајем алата и технике, које омогућавају да схватимо наше визије. Речено је да алати одређују границе уметности, и да је употреба правих инструмената за ствар коју неко израђује истовремено и дубока веза између употребе алата и његових формалних резултата, што утврђује потенцијале шта се може направити рачунарством, границе онога што може бити израђено постају много веће.

Параметарски системи и рачунарски алати омогућили су реализацију пројекта који су раније били незамисливи. Рачунарски алати постају ко-креатори у пројектовању, продужавају интелект пројектанта тако да улога пројектанта постаје један од алата градитеља, интерпретатора резултата и водич кроз решења простора. У свом раду, Неил Кац (енгл. Neil Katz)<sup>46</sup> објашњава да технологија мора да нестане, али Марк Бари (енгл. Mark Burry) са друге стране повећава допринос технологије. Она је намера пројекта и процеса, што је још важније од самог алата.:

*Софтвер* модификован од стране дизајнера преко кодирања пружа низ могућности за креативну спекулацију, тако да једноставно није могуће коришћење софтвера само као произвођача који је намераван да се користи. Јер

---

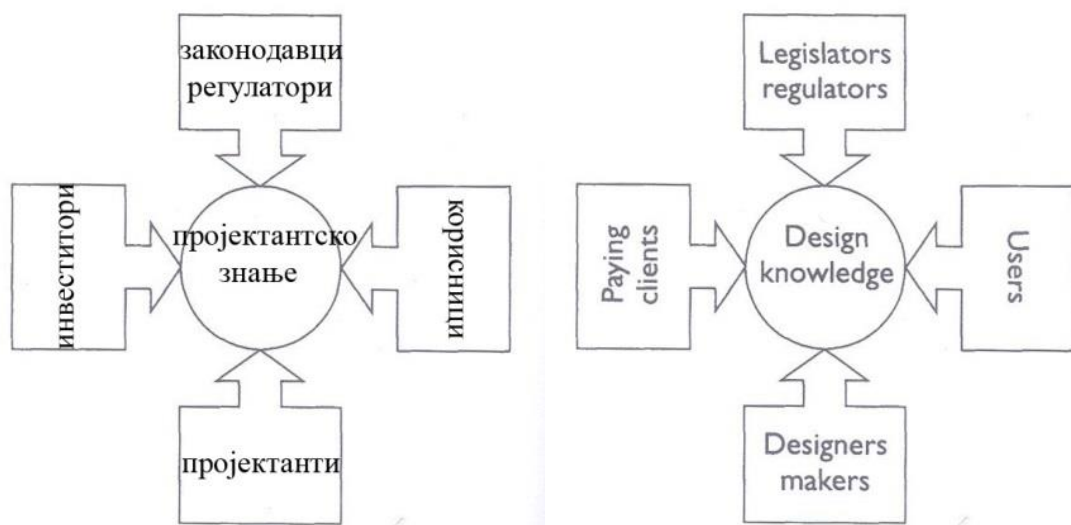
<sup>45</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 186–195.

<sup>46</sup> Ibid. 79–91.

програмирање је ефективно облога рачунарског програма, корисник алата (пројектант) постаје нови креатор програма (софтверски инжењер).<sup>47</sup>

Дигиталне технике пројектовања новонастајуће архитектуре се базирају на комбинованој геометрији и математици. У том правцу би велики допринос усавршавању архитеката било учење програма, који подразумевају и учење пројектовања кроз учење програмирања и обрнуто, на више начина: директно моделовање, параметријско, програмирање или кодирање.

У архитектури се врсте програмирања не поклапају са информатичким програмирањем, већ са приступом који је неопходан за добијање циља или према производном начину добијања производа. Архитектонски захтеви се константно преклапају у виду четири основне врсте: захтеви корисника, захтеви инвеститора, захтеви регулативе и праксе, као и пројектантски став са увезивањем, организовањем и чувањем високо естетског производа (Слика 14).



Слика 14: Врсте захтева пројекта и утицаји на пројектантско знање (енгл. Sources of design knowledge constraints)

Извор: Bryan Lawson, *What designers know*, (New York: Routledge, 2004), 22.

<sup>47</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 154–165.

Врсте захтева у дигиталним техникама су преузете из захтева пројектовања и преузимају се, пре свега, архитектонски захтеви. Својим вештинама, знањем, разумевањем проблема и прихватањем изазова, архитекте формирају критеријуме процеса кодирања од идејног концепта, на основу главних одредница по свом осећају и умећу. Критеријуми представљају упуства која обликују производ са сталном могућношћу измена одређених параметара, тако је увек боље да их има више.

Одреднице критеријума су:

1. поставке захтева,
2. поставке услова локације и контекста,
3. поставке стандарда праксе,
4. анализе захтева,
5. анализе атмосфере,
6. анализа материјала,
7. анализа машина.

Ове одреднице затим се преклапају са стандардним деловима пројекта:

1. идејни концепт,
2. идејно решење, пројекат,
3. моделирање,
4. разрада пројекта,
5. прототип,
6. извођење пројекта.



Слика 15: Параметри кодирања: Анализа концепта – идеје пројектовања у „дигиталном ланцу“

У употреби је објектно оријентисано програмирање (Прилог 1), као парадигма програмирања која користи објекте као основу за пројектовање рачунарских програма и различитих апликација – софтвера.

Решавање проблема парадигмом објектно оријентисаног програмирања је врло слично људском начину размишљања и решавању проблема. Састоји се од идентификовања објеката и постављања објеката који ће се користити у одговарајућој секвенци за решење одређеног проблема. Ради се о дизајну објеката, чија ће понашања као јединке и у њиховој међусобној интеракцији решити одређени проблем. Интеракција између објеката се састоји у размени порука, где одређена порука, усмерена према одређеном објекту, покреће енкапсулиране операције у том објекту, чиме се решава део обично ширег и сложенијег проблема. Уопштено гледано, објектно оријентисано решавање проблема се састоји из четири корака:

1. идентификовање проблема,
2. идентификовање објеката који су потребни за његово решење,
3. идентификовање порука које ће објекти међусобно слати и примати,
4. креирање секвенце порука објектима, које ће решавати проблем или проблеме.

Према Лоусону, анализе захтева из архитектонског процеса се уклапају и у скуп информација за код:

1. Асимилација – сакупљање и организација основних информација и информација специфично у вези са задатим проблемом;
2. Општа студија – истраживање природе проблема и истраживање могућих решења или значења решења;
3. Развој – развој и завршетак једног или више пробних решења изолованих у фази 2;
4. Комуникација – комуникација о једном или више решења са људима у оквиру или ван тима.<sup>48</sup>

Преклапањем ове две дефинисаности се добија дефинисана граница архитектура – кодирање (Слика 16).

---

<sup>48</sup> Bryan Lawson, *How designers think*, (Oxford: Routledge, 2005), 34.

# архитектура

## процес решавања проблема

асимилација - информације  
општа студија - истраживање  
развој  
комуникација

идентификовање проблема  
идентификовање објекта - решења  
идентификовање поруке  
креирање секвенце поруке

## кодирање

Слика 16: Преклапање процеса решавања проблема у програмирању и архитектури

У парадигми објектно оријентисаног програмирања, објекти су структуре података које представљају одређено и јасно дефинисано знање о спољашњем свету или стварности. Типична организација је у хијерархијске класе, где свака класа објекта поседује информације о особинама објекта које се чувају у инстанцама променљивих и које су повезане (концептом асоцијације) са сваком инстанцом у одређеној класи. Сваки објекат препознаје други објекат преко његовог интерфејса. Подаци и логика сваког објекта су скривени од других објеката. Тиме се омогућава раздвајање имплементације од понашања објекта у интеракцији са другим објектима.

Основне особине објеката су идентитет, стање и понашање. Идентитет представља назив објекта којим се одређени објекат разликује од осталих. Стање објекта је део прошлости и садашњости које одређују понашање објекта у будућности. Понашање објекта је одређено операцијама које се над објектом могу извршити, а активирање операције се врши поруком.

Парадигма програмирања<sup>49</sup> је основни стил програмирања, служећи као начин прављења структуре и елемената рачунарских програма. Могућности и стилови разних програмских језика су дефинисани од стране њихових подржаних

<sup>49</sup> Парадигма програмирања, приступљено 06.05. 2016,

<http://arhimed.matf.bg.ac.rs/~misko/flf/prog/vba/2/paradigme.html>


програмских парадигми; неки програмски језици су дизајнирани да прате само једну парадигму, док други подржавају вишеструке парадигме.

Програмски језици објектно оријентисаног програмирања базирани су на концепту и у одређеним фазама програмирања захтевају укључење архитекте за постављање критеријума и доношење одлука.

Архитекта првенствено (Слика 17):

- одређује кључне варијабле – параметре програмирања који покрећу пројекат,
- гради геометријску и логичку зависност међу покретачким, главним варијаблама – параметрима,
- дефинише погодне перформансе мера које описују резултат пројектантских решења,
- проба комплетан модел (мењајући параметре пројекта и посматрајући промене у геометрији и резултатима мера) како би истражио најпогоднија решења,
- мења геометријске и логичке зависности како би истражио више алтернатива.

## кодирање

|   |   |
|---|---|
|  | - одређује кључне варијабле - параметре програмирања, који покрећу пројекат   |
|   | - гради геометријску и логичку зависност међу покретачким - главним варијаблама (параметрима)   |
|   | - дефинише погодне перформансе мера које описују резултат пројектантских решења   |
|   | - проба комплетан модел (мењајући параметре пројекта и посматрајући промене у геометрији и резултатима мера) како би истражио најпогоднија решења |
|   | - мења геометријске и логичке зависности како би истражио више алтернатива  |

Слика 17: Став архитекте у програмирању

Суштина кодирања је у циљу добијања „*дигиталног ланца*“ пројектовања и реализације тако што је база идентификовање варијабли, параметара, захтева који покрећу пројекат и увезани успостављају хијерархију или концепт њиховим повезивањем са геометријом, структуром, физичким моделом или другим логичним везама. Заједно могу сачињавати комплексне дугачке *ланце*, а дефинисање њиховог погодног понашања, тј. перформанси и димензија, воде ка пројектантским решењима. Неопходно прилагођавање параметара и веза врши се кроз целовит модел у циљу посматрања промена у односу на најпогодније решење, а самим тим врло лако и променама геометрије и логичких зависности у



циљу истраживања и других алтернатива. Пожељна је и комбинација техника у циљу бољег решења.

Такво је, рецимо, *геометријско програмирање* или *репрезентација функција*, које захтева другачију врсту размишљања, другу врста маште и другу врсту пројектанта. Добијени објекти су далеко сложенији него што може бити објекат дизајниран традиционалним цртачким алатом. У геометријском програмирању је лако описати поновљене и полупериодичне структуре које варирају мало, али су углавном исте. Хијерархијске структуре састављене од мањих подструктура могу такође бити описане. Из тог разлога, геометријске програмирање нуди пројектанту велику ефикасност приликом дизајнирања шема које су сложене или састављене од много малих делова.

Генеративно пројектовање узима идеју један корак касније. Уместо централизованих програмирања, користи шеме облика и сет правила која могу бити различита и која показују шта се дешава и како се облик временом развија.

Најсофистицираније форме програмских језика везаних за облик су они језици који су динамички и реагујући, и који омогућавају пројектанту да аутоматизује облик у једном тренутку будућности и да реагују на озбиљне изазове контекста, временских или амбијенталних услова. При програмирању, пројектант предвиђа услове у које ће објекат морати да се уклопи, и на тај начин формира кодирање које ће бити променљиво услед промена услова.

Различите врсте програмирања могуће је спровести различитим програмским језицима кода. Препоручени списак програма за архитекте и искуствене препоруке:

Изабрани програми и програмски језици за архитекте су:

Adobe ActionScript,

C, C#, C++,

Generative Components script,

Html,

Iron Python,

Java, JavaScript,

LUA,

Mathematica,

MATLAB,  
MaxScript,  
Maya (Maya Embedded Language (MEL) and Python),  
Objective-C,  
Perl,  
PHP,  
Processing (Java),  
Python,  
RhinoScript (VB, Grasshopper (VB), Python),  
Rhl,  
VB, VBA.

Препоруке или упуства за продуктивност пројектовања и пројектантско истраживање на основу искуства других програмера су:

- достизање нивоа изнад аналогних процеса,
- снимање логике материјала и рачунарских перформанси,
- бити разигран,
- експлоатација генеративних процеса,
- тражење дубљег приступа машини,
- ангажовање сложеностима,
- изазивање брзих итерација и варијација,
- борба са перформативним,
- игра неочекиваним и задирање у непознато,
- бити присиљен да будеш експлицитан,
- откривање новитета,
- локализовање интелигенције,
- истраживање принципа самоорганизације,
- проучавање феномена,
- и наравно ићи на старе добре задатке аутоматизације.<sup>50</sup>

Како Боб Шејл (енгл. Bob Sheil) каже, морамо се поставити између контекста пројектовања и алата фабрикације, тако да пођемо од дефинисаности и прилагодљивости, па би требало истражити статус динамичког и адаптивбилног пројектантског модела у релацији са изграђеним физичким резултатима, статус

---

<sup>50</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 36–37.

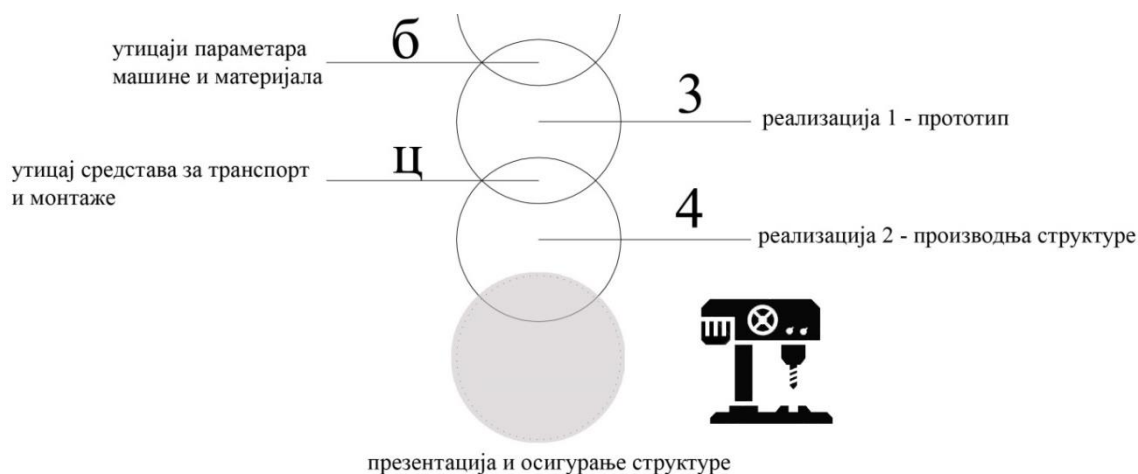
физичког резултата као архитектонског прототипа и различитост између цртања и прављења.

У склопу архитектонске делатности говоримо о покривању главних поља, као што су: пројектантска теорија, дигитална фабрикација, рачунарско обликовање, геометрија и педагогија. Неопходност кодирања као дела општег образовања ће у будућности бити неминован.

Архитекте су на крају кореографи система, и предности учења програмирања у архитектонском контексту су вишеструки. Ако архитектура жели да опстане као дисциплина, треба да ангажује културу иновација и рачунарства.<sup>51</sup>

(Mark Collins & Toru Hasegawa, Proxy)

## 2.2 Дигиталне технике у процесу реализације новонастајуће архитектуре са карактеристикама и понашањем машина – фабрикација



Слика 18: „Дигитални ланац“ – карике и споне реализације – машине

Дигитално пројектовање је у потпуности постало део пројектантске праксе и помера се од ангажовања експерта за програмирање до оног ко је вешт у прављењу дигиталних алата и програмирања (енгл. scripting), са критичким оком архитеката у оквиру пројектантског процеса.

<sup>51</sup> Mark Burry, Scripting culture (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 046.

У новије време пројектантски програмски пакети дозвољавају кориснику да их адаптира према својим жељама и начину рада, тако да се коришћењем програмирања остварује производно зависна подобност. Програмирање омогућава дубљи однос између рачунара и корисника, дајући широк спектар могућности потенцијалних производа (енгл. *outcome*), као и побољшавање фајлова за транслацију који се шаљу ка машини, тј. ка фабрикацији. Архитекта добија више времена у пројектантском и процесном размишљању на овај начин, а не бива искључен због истог.<sup>52</sup> По Ле Курбизјеу:

Геометрија је средство, створено са наше стране, чиме опажамо спољни свет и изражавамо свет у нама. Геометрија је темељ. То је уједно и материјална основа на којој градимо оне симболе који представљају за нас савршенство и божанство. То доноси са собом племените радости математике. Машине су резултат геометрије. Доба у коме живимо је, дакле, есенцијално геометријско јединство; све његове идеје су толико оријентисане у правцу геометрије. Модерна уметност и мисао – после вековне анализе – сада траже изван онога што је само случајно; да их геометрија доводи до математичких форми, је све више и више генерализован став.<sup>53</sup>

Изазов пројектовања, производње и конструкције у зависности од техничког знања су везане за пројекат и могућност прављења – израде различитим вештинама како би се показало значење архитектуре. У складу са Канаперовим поставкама, дигитална технологија користи језике информационе технологије, рачунарска технологија се бави овим језицима, у циљу прогреса је део технологије или математике, а методолошки се користи за унапређење научног сазнања и управо је зато неопходно разматрати перспективу иновација, изнова разумевајући контекст и правац еволуције и интерпретирајући захтеве развоја, изазове и допринос обликовања технолошке културе у архитектонској фабрикацији.<sup>54</sup>

Како постоји велики број истраживања на тему дигиталне технологије у

---

<sup>52</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 36–37.

<sup>53</sup> Luca Canapero, *Digital fabrication in architecture, Engineering and Construction* (Berlin: Springer, 2011), 3.

<sup>54</sup> *Ibid.* 1.

пројектовању и реализацији архитектуре управо у смислу контекста правца еволуције, а како је узела превеликог маха у коришћењу, данас се сусрећемо са нерешеном позицијом архитеката у новонасталим условима пројектовања и реализације, као и развојем будућег позиционирања.

Преклапањем конвенционалног пројектовања и реализације долазимо до кључних позиција архитеката и преклапањем са деловима „*дигиталног ланца*“ добијамо неопходне позиције архитеката и у новом приступу. Позиција пребацивања – транслације кода пројектовања у код машине је једна од кључних позиција (Слика 19). Исто тако, даља акција преласка у производ је позиција, која поново мора бити контролисана (Слика 20). Битна одредница новог приступа су и алати, као нова технолошка достигнућа, тако да се став односи на нумеричке машине и процесе које алати машина могу да обављају.

Програмерско покретачке технологије су основа процеса у смислу дигиталних токова, тј. „*дигиталног ланца*“, као презентација геометрије, структуралне анализе, перформативне анализе, фабрикацијског планирања и компоненти инжењерства. Такав је DesignScript<sup>55</sup> који се лако савладава, логичан је и углавном га прихватају архитекте без или са врло мало програмерског искуства. И баш због тога представља и прихватање искуства и вештина архитеката из праксе уједињених са рачунарством, геометријом и алтернативним интерфејсом за програмирање (визуелним и текстуалним), и зато је подршка различитих нивоа рачунарских вештина.

У данашње време архитекта све више мора бити витрувијански тип, који покрива различите слојеве архитектуре, али и осталих дисциплина – комплетно интегрисан уметник и инжењер.



Слика 19: Транслација кода – релација концепт – кодирање – машински код

<sup>55</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 43.



Слика 20: Транслација кода – реалација концепт – код – производ

По Липсону, данашња, финална епизода пута од конвенционалног, аналогног до дигиталног је сада довела до тога да постоје дигиталне ствари које су програмиране и природа им је дигитална, али у физичкој форми са аналогним карактеристикама трају у континуитету. Или постоје као дигиталне ствари које су виртуелне, програмиране и састоје се од бита.

Фабрикација је део процесног пројектовања које садржи параметре машина и подразумева унапређење машинерије у вези са потребама, што је обострани процес.

У већини случајева подразумева практично учење, тј. експериментални свакодневни приступ лабораторији и машини. Експеримент је производ иноватора, својствених по природи, који не прате правила, нису добри по дефиницији и не уклапају се у формалне организације. Неопходност лидера постоји и у тиму и у ланцу. Информисаност о дигитализацији, поред дигиталног рачунарства, уз дигиталну комуникацију, подразумева и комплетан асортиман дигиталне фабрикације.

Унапређење CNC процеса кроз фабрикацију и међурешење пре работа води ка прелазу CNC машина на роботску машинерију.

Како рачунарски уређаји и капацитет комуникација помажу у омогућавању производње великих размера базираној на дигиталној информацији, знању и

култури, важни су и социолошки фактори. Заједно су најважнији покретачи у садржајима у којима корисници имају директан непосредни утицај на пројекат, а добро пројектован рачунарски код омогућава ефикаснији пројектантски суд о квалитету.<sup>56</sup>

Принцип „*дигиталног ланца*“ између пројектовања и производње, као поменуте хипотезе овог рада која уједно технологију поставља као решење проблема новонастајуће архитектуре, али и као нови изазов за архитекте, користимо управо као пројектантску и производну средину анализе позиција неопходних утицаја архитекте и њихових карактеристика. Увезивање CAD/CAM технологија, нумеричке контроле и израде прототипова омогућава директан приступ пројектантског модела у производну средину, што ојачава везу између пројекта и практичне израде.

Током педесет година, развој нумеричких машина је довео до производње великог броја различитих производних процеса у различитим производним окружењима.

Преглед производних процеса се базира на кључним општим процесима независним од материјала, као што су: масовна промена, фазна промена, структурална промена, деформације, консолидација – интеграција уз укључивање и израде прототипова.

Масовна промена подразумева производне процесе, као што су: ударање којим алат прави отворе у материјалу; глодање – љуштење; окретање на стругу и брушење – полирање.

Фазна промена подразумева производне процесе, као што су: ливење и обликовање калупом.

Структурална промена подразумева производне процесе, као што су: третмани топлоте; третмани премазима и легирање формирањем површинских легура.

Промена деформације подразумева производне процесе, као што су: ламинација; обликовање притиском и савијањем; ковање и истискивање.

Спајање и консолидација – интеграција подразумева производне процесе, као што су: заваривање, тврдо лемљење и синтеровање праха топлотном обрадом.

---

<sup>56</sup> John Palfrey & Urs Gasser, *Born Digital* (Philadelphia: Basic books, 2008).

Израда прототипова подразумева брзу израду комплексних CAD модела са циљем израде концептуалних модела провере; прототипова за одобрење; техничких прототипова; мустри у позитиву за материјале као што су креда, песак и глина; мустре за обликовање пластике; функционалних прототипова или појединачних комада. Подразумева процесе као што су: консолидација ласерским зрацима; суперимпозиција узастопним слојевима и синтеровање.

Управо ови производни процеси подразумевају технике реализације које се поклапају са могућностима и врстама машина, што диктира и транслацију пројектантског кода у производни код.

Технике које ће бити обрађене су везане са медијаторима реализације – машинама:

1. Адитивна фабрикација – 3D штампање архитектонских размера,
2. CNC ласерско сечење,
3. CNC обликовање скидањем слојева материјала,
4. Пнеуматско обликовање,
5. Индустијски роботи.

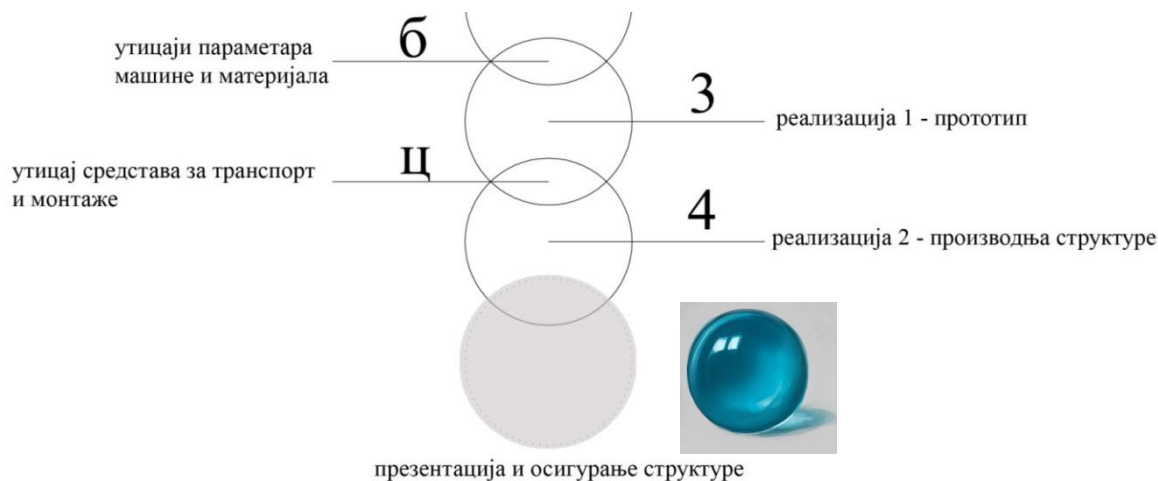
Карактеристика свих ових процеса је управо интегрисаност процеса и контрола делова, као поставка и карактеристика принципа „*дигиталног ланца*“.

Занатска вештина постаје замењена компетентношћу у контроли производне машинерије, тако да она сада постаје пројектантска вештина, пошто су производња, конструкција и пројектовање интегрисано аутоматизовани кроз архитекту.

Идеја постављања позиција архитекте даје више значај субјективној експресији контекста и материјала, а мање прилагођавању CNC машинама. Враћамо се корак уназад, где је битна и веза између материјала и машине, и где је машина помоћ и алат чији избор и карактеристике одређују процес, а не диктирају производ. Овај докторат нема претенциозност успостављања тачних позиција, већ више указује на нове изазове тренутног стања технологије у архитектури и изузимање архитекте из свесног избора решења. Позиционирање архитекте указује на карактеристике и неопходности особина процеса својствених човеку – експерту.

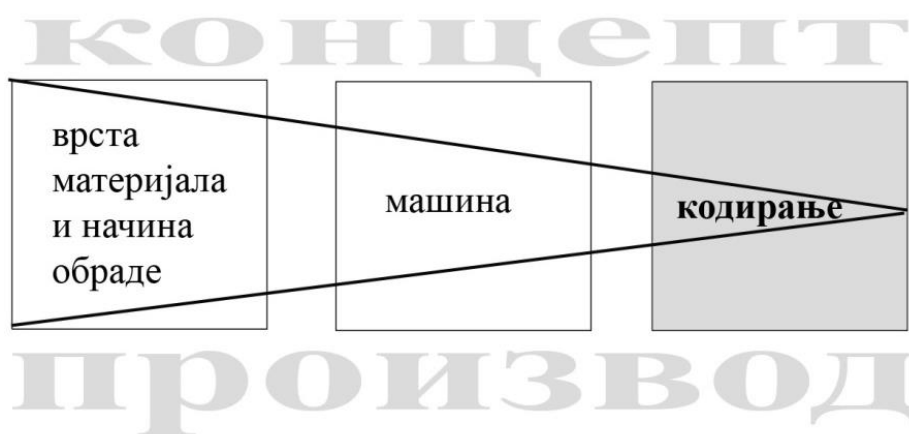


### 2.3 Дигиталне технике у процесу реализације новонастајуће архитектуре са карактеристикама и понашањем материјала



Слика 21: „Дигитални ланац“ – карике и споне реализације – материјали

Различите врсте материјала које се користе у грађевинарству са собом носе и различите карактеристике, које се уносе у код који од материјала даје максимум у концептуалном смислу. Особине материјала учествују у проналажењу конструкторске конструкције. Архитекта налази принципе за проналажење форме у складу са тим параметрима, као и за утицаје на машину и кодирање (Слика 22).



Слика 22: Материјал у избору машине и кодирању

Према Флајшману и Менгезу (енгл. Fleischmann, Menges), материјал има

могућност да се њиме рачуна. Материјал се састоји од читавог низа карактеристика, унутрашњих и спољашњих сила и одредница. Проналажење форме се своди на геометрију базирану на особинама материјала, са улогом архитекте који поставља принципе проналажења форме и промена. У почетку се материјализација радила тек након проналажења форме. Међутим, форма, материјал и структура анализирани заједно стварају комплексне односе који се заједно генеришу и дају заједнички резултат са захтевима фабрикације. Управо зато нови алати и приступи креирају архитектуру као комбинацију нових технологија, физичких модела, посебно када се ради о структурама текстила – мембранама.

Такође се и поновна производња орнамената везује са материјалом варијацијама на тему у оквиру масовног прилагођавања. Анализирајући особине материјала и постављајући параметре кодирања, постављамо и критеријуме избора машине у складу са захтевима материјала и идеје. Висок потенцијал је упознавање машина на почетку процеса као и сарадња са инжењерима, што омогућава двоструку проверу идеје. У координацију идеје, материјала и фабрикације се лако уклапа и израда прототипских решења.

Фабрикација у уметности омогућава контролисану употребу материјала за скулптуре већих размера, које би иначе биле теже изводљиве. Пример је коришћење чипке на начин уметнице Кал Лејн (енгл. Cal Lane).

Разумевање материјала на основу науке о материјалима и традиције материјала доводи до унапређења традиционалних материјала новим технологијама. На томе се посебно базира адитивна производња, тј. фабрикација и побољшање добијања простора архитектонских размера. Савремене технологије заступају и хумане изазове и приступе у смислу заштите и унапређења услова живота и животне средине човека.<sup>57</sup> Фабрикација опеке<sup>58</sup> као и тема дрвета као пријатеља<sup>59</sup> су увек актуелне теме, које подносе сталне иновације.

---

<sup>57</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 86–89.

<sup>58</sup> Ibid. 105–118.

<sup>59</sup> Ibid. 121.

Карактеристике материјала учествују у њиховој обради у зависности од врста материјала и представљају посебан параметар дигиталног пројектовања – кодирања. Уз пројектантску намеру и параметре конструкције је могуће добити и реалнији одговор стварних услова на терену, које је неопходно усвојити и прилагодити решењу.

Материјал се уводи у раној фази пројектовања са важним карактеристикама као што су: веза, релативни трошкови, деформације, боја, текстура, завршна обрада, димензије, трајност и временске карактеристике.

По Беокрему, одреднице материјала представљају међувезе између медијума екологије, параметарског пројектовања и CNC технологије. Повратним параметром пројекат одређује и квалитет производа.

Лиса Ивамото (енгл. Lisa Iwamoto) заступа позицију архитекте у доношењу одлука о материјалима, машинама и методама обраде материјала које машина може да подржи и које раније нису биле део идеје.

Архитекта у дигиталном свету постаје неопходно тесно везан са извођачким процесом чије алате мора добро да познаје, да зна како раде и који су материјали најпогоднији, а и где леже могућности у процесу производње одређеним алатима. Дигитална фабрикација нуди велики број машина за различите материјале.

Ивамото дели материјале према карактеристикама производне обраде, као начина за добијање производа:

1. Из пресека (engl. sectioning) – слагањем великог броја пресека комплексне геометрије се добија готово обрађен материјал. Представља прелазак из 2D у 3D.
2. Савијање – дводимензионални материјал прелази у 3D.
3. Обликовање површинских материјала, равних и глатких, са занемарљивом дебљином у односу на димензије, који могу преобликовањем и уклањањем слојева створити 3D рељефе.
4. Из форме – умножавање 3D форми ствара нове форме.

По Беокрему, избор параметара материјала се своди углавном на феноменолошке квалитете или флексибилност детаља и везе, који посредно дају и перформансе и лимите система преко димензија, углова, ротационих капацитета и

снаге. Основне врсте материјала, које се користе у грађевинарству и обрађују се CNC машинама су: дрво, метали, бетон и хибриди.

Врсте дрвета су различите, а веза је ексерима, лепљењем, шрафовима или готовим везним елементима. Машине за обраду су вишеосне CNC машине. Могу бити машине глодалице или рутери за сечење, као и роботске руке.

Масовна промена дрвета подразумева производне процесе, са одстрањивањем и без одстрањивања коре дрвета.

Промена деформацијом дрвета подразумева производне процесе са загревањем.

Спајање и консолидација дрвета – интеграција подразумева производне процесе за добијање иверице и ламелираног дрвета.

Метали се често користе због своје флексибилности, снаге и издрживости у параметарским композицијама. Машине за обраду су CNC водени млаз, плазма или ласерски секач, као и индустријски роботи. Захтевају постпроизводни процес.

Масовна промена метала подразумева производне процесе, као што су: обртање око своје осе (циркуларно спољашње, са лица, комплексно и унутрашње), бушење, глодање – љуштење и дробљење.

Фазна промена метала подразумева производне процесе, као што су: ливење и обликовање посредним калупом различитих материјала или сталним калупом.

Промена деформацијом метала подразумева производне процесе, као што су: таласање, обликовање и топљење.

Индустријски роботи различитих профила се користе у обликовању метала.

Бетон и опека не захтевају тектонску структуру, али дају различите опције система и форме.

Хибриди су остали материјали, чије се карактеристике користе у формирању јединствених облика.

Рециклирани материјали се користе поново кроз употребу алата дигиталне фабрикације.

Разумевање материјала као активаног, притиснутог, под тензијом или савијеног при руковању, јесте у корену свих традиционалних заната. Способност

рада на материјалу за тестере и длето дрвета, за заваривање и чекић челика или за ткање и штрикање предива ослања се на дубоко разумевање његове перформансе. То је схватање да смо кроз материјал дошли да обликујемо свет артефакта и структура који нас окружује.

Да бисмо унапредили дигиталну културу дизајна и ефикасно радили са потенцијалима перформансе материјала, морамо да пронађемо нове моделе и методе којима можемо подржати повратне информације између размера. У архитектури, израда у различитим размерама је увек значила ангажовање са различитим врстама проблема: планирање, просторни дизајн, детаљи или спецификација. Али логика цртежа, систем пројектне геометрије, остаје исти. У раду са перформансама материјала и повезивањем са анализом материјала, симулацијом, детаљима и производњом, морамо да нађемо начине на које се многе различите врсте података могу повезати, без обзира да ли су геометријске, нумеричке или статистичке. Као пракса, требало би да се развију принципи моделирања који омогућавају флексибилну, динамичну и интерактивну организацију хетерогених токова података. Најважније је да ови модели морају бити добро интегрисани са креативном праксом архитектонског пројектовања. Архитектура се карактерише по својој ширини ангажовања. Она није у складу са једним циљем пројектовања, већ увек покренута од мреже различитих и често супротних значења пројектовања, и као пројектантска пракса мора увек пронаћи најбоље могуће решење за задати контекст и дати тренутак. Наши алати зато се не могу схватити као једноставни начини оптимизације, али би требало да подрже креативно размишљање о томе како нова пракса материјала може суштински да промени начин на који размишљамо о архитектури, начин на који живимо, радимо и вршимо интеракцију, као и на који третирамо квалитет простора и средине које смо створили.

## ГЛАВА 3

### Процес пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ са различитим начинима фабрикације – дискурс архитекте

#### Навигациона мисао:

Алати пружају могућности, од ових могућности смо открили предности, предности постају погодност, а погодност може веома лако постати конвенција. Постоје алтернативе: пре него подржавати само ефикасније обављање конвенционалних задатака, алати могу да подстакну нове начине размишљања. Креативна употреба алата требало би да укључи могућности за пројектанта да угради своју пројектантску логику у алат. Такво прилагођавање требало би да буде препознато као кључни аспект пројектантске креативности. (engl. *Tools provide possibilities, from these possibilities we discover advantages, advantages become a convenience, and convenience can too easily become a convention. There are alternatives: rather than supporting just the more efficient execution of conventional tasks, tools can encourage new ways of thinking. The creative use of a tool should include opportunities for the designer to embed his own design logic within that tool. Such customisation should be recognised as a key aspect of design creativity.*)

Роберт Ејш (engl. Robert Aish)

#### Навигационе речи:

(Дис)континуитет, „дигитални ланац“, начини фабрикације, позиције архитекте.

## Уводне напомене

Трећа глава тезе детаљније објашњава континуални дигитални приступ по принципу „дигиталног ланца“, базираног на дигиталном пројектовању – кодирању и дигиталној реализацији – фабрикацији, уз преклапање са тренутно заступљеним приступом архитектонском ланцу и утврђивањем понашања потенцијалних пресечних тачака – архитекте, машина и материјала. Заснива се на пројектантском истраживању студија случаја различитих начина фабрикације, које имају значајан допринос смисленим решењима архитектуре на основу специфичних пројектантских задатака и става архитекте на конкретном примеру, који је захтевао континуално дигитално пројектовање – кодирање и дигиталну реализацију – фабрикацију. У приступу је глобално заступљено следеће упуство: прво – подешавање са анализом претходно поменутих пресечних тачака процеса установљеног пројектантског проблема, друго – истраживање дефиниције новог проблема, треће – истраживање као вежба рачунарског инструмента за пројектантско откривање и реализацију. Употреба рачунарства је у смислу истраживања различитих могућности, са много међузависних фактора укључених у евалуацију пројекта – експеримент.

Циљ проналажења поменутих тачака показује где и како пројектант активно управља процесом кључних аспеката пројекта, што показује лимитираност и нејасност позиције и може бити укључено у пројекат са одређивањем појачавања или лимитирања параметара међусобно. Управо то води и ка програмирању стратегија, уместо великог броја малих корака – програма. Изазови рачунарства у архитектури данас су успостављање везе когнитивних мисли архитекте и осталих комплексних захтева архитектуре у један алгоритам, један код, што води ка жељеном и пројектованом, готовом физичком производу.

У трећем поглављу су дати закључци претходних поглавља дефинисањем нејасних позиција архитекте у самом ланцу, у циљу унапређења принципа „дигиталног ланца“ у смислу континуалности овог дигиталног приступа, као и могуће поставке позиционирања архитекте у процесу.

Претпоставка је да је људско размишљање аналогно рачунарском програму, тако да постхуманизам даје предност идеји да је будућност окренута постојању човека у заједници са снагом машине, и физички и ментално. Односи

се и на то да је интегрални део човека, од почетка његовог развоја, израда и употреба алата. У складу са тим је „дигитални ланац“ сасвим логичан приступ у коме је управљање идејом и усклађивање са процесом машина поверено само архитекти.<sup>60</sup>

Требамо зграде које испуњавају свој задатак данас и које ће то чинити сутра, које другим речима, не старе држећи се за своје облике и због тога постају досадне услед економије и визуелне животне средине. Али, да бисмо градили адаптабилно морамо покушати да градимо лако, покретно, могуће и са највећим савршенством технички доступним.

У сваком случају, свест о темпоралности архитектуре и посебно дигитално произведених инсталација дефинишу потребу да пројектанти морају бити више свесни потрошње коју захтева изградња њихових предлога. Било да се материјал спашава на путу до депоније или је део животног циклуса, који ће му донети други живот након што се демонтира, идеја да пројекти имају планирану будућност је круцијална за квалитет пројектантског процеса 21. века.<sup>61</sup>

Порекло индустријске производње и префабрикације у архитектури се везује првенствено са аутоматском производњом у развоју методологије и технологије у масовној производњи и њеној улози у грађевинској индустрији. Информациона технологија и неколико нових технологија су пред крај рата произвеле прототипове првих дигиталних рачунара и нумеричких машина углавном у војне сврхе. Артефакт је био произведен аутоматски новим машинским алатима, посредством математике, програмским језицима науке и технологије. Дизајнери постају главни у производном процесу, описујући пројекат новим језицима информационе технологије са циљем директне производње, без потреба дескриптивне геометрије. Установљени методи масовне производње, прво коришћени у аутомобилској и авио индустрији, имали су могућност адаптабилности у скоријим иновацијама у занатским радовима и флексибилној производњи. Тада је комплексан систем, како је рекао Нобл<sup>62</sup>,

---

<sup>60</sup> Vincent Miller, *Understanding digital culture*, (London: Sage publications, 2011).

<sup>61</sup> Christopher Beorkrem, *Material strategies in digital fabrication*, (New York: Routledge, 2012), 182-183.

<sup>62</sup> Luca Canapero, *Digital fabrication in architecture, Engineering and Construction* (Berlin: Springer,



захтевао веома вештог програмера и велики рачунар, који може да подржи велики број информација. Нумеричка контрола је заснована на потпуно другачијој филозофији технологије.

Фокус на рачунарској интелигенцији подразумева производно вођен тренд, али не подразумева изузимање архитекте. То се остварује ојачавањем когнитивног процеса у рачунарским оквирима. Неопходан је концепт мисли са идејом, алатима и специфичним програмима. Производне средине се користе и за развој апликација за концепт. Концепт је, као неопходан део који је круцијалан за идејну фазу пројекта и последица овог захтева, укључивање рачунарства као интегралног дела пројектантског процеса, што га убрзава у смислу формулисања мисли и стварања модела као пројектантске средине. Модел мисли као модел архитектонске намере је интегрисан са рачунарским моделом у тражењу прототипа решења.<sup>63</sup>

Као настајућа суштина, компетенција пројектантског размишљања постала је и критична у укључивању у дискурс који обухвата рачунарство као неопходну компоненту процеса изградње и јасно показује даљу вредност и наглашавање учешћа и сарадње свих заинтересованих страна. Као разнолика група која се састоји од појединаца из многих аспеката архитектуре и инжењерских заједница, имамо прилику да водимо проширена истраживања ка иновацији кроз сарадњу потенцијала рачунарског пројекта, од фокусирања на више инклузивном, индустријски фокусираном приступу до идентификације изазова догађаја.<sup>64</sup>

Уместо да мислимо на дигитално само као средство организовања стандардизоване праксе, постоји и могућност да се преиспита како се и материјали користе, раде детаљи и производе за изграђено окружење. Наша употреба термина *дигитална израда* предлаже нови ангажман у малим скалама спецификације материјала, што је довело до нове праксе у којој архитекте и дизајнери постају креатори самих материјала као израде предмета. Наша

---

2011), 57.

<sup>63</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 122–129.

<sup>64</sup> *Ibid.* 206–217.

производна индустрија улази у нову еру у којој доминирају инжењерски материјали, па постаје могуће да се питамо како се архитектура може градити од локације или употребе специфичних материјала, направљених директно у одговору на локално дефинисане пројектантске критеријуме. Који алати су нам потребни да се осмисле ови материјали, како ћемо користити ове нове хиперспецифичне материјале и које моделе можемо искористити да бисмо разумели ову праксу? Као таква, *дигитални израда* и интерес у кадрирању потенцијалног дизајна иновације обећава дизајн са перформансама материјала, који доводе до нових изазова дизајна наше традиције, алата и технике.<sup>65</sup>

### **3.1 Процес: Континуални дигитални приступ у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“**

По Канаперу<sup>66</sup>, однос између пројекта и фабрикације је генерално однос између размишљања и прављења. Сматра га кључним, и као редефинисан представља срж нове културе грађења. Ова интимна веза између размишљања и прављења на основама машине, материјала и културе је основна лекција и Готфрида Земпера<sup>67</sup>. У свом делу Земпер прецизно даје везу између размишљања и прављења, као карактеристике дате културе.

Први корак могућности културе да направи и креира представља пресек научних и техничких дисциплина тог доба, тј. тренутка. У архитектури та разноликост дисциплина укључених у пројекат је директно везана са образовањем архитеката у смислу сазнајног разумевања техничког процеса од идеје, преко дигиталног пројектовања до реализације прототипа и производа у смислу доприноса и вредности које архитектура треба да покаже. У сваком случају, поента је исказивање интердисциплинарне рефлексije у комбинацији са личном интерпретацијом.

---

<sup>65</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 244–245.

<sup>66</sup> Luca Caneparo, *Digital Fabrication in Architecture, Engineering and Construction*, (Dordrecht: Springer, 2014)

<sup>67</sup> Gottfried Semper, *Style in the Technical and Tectonic Arts*, (Los Angeles: Getty publications, 2004).

У складу са Кристофером Беоркремом<sup>68</sup>, искуство од раније нам говори да је потреба за занатским вештинама огромна. Недостатак тактилног реципроцитета је замењен конкретним сазнањем о интеграцији у свим фазама производног процеса од концепта, дизајна, рачунарства, и на крају монтаже са учинком материјала и перформанси машине и са њиховом заједничком интеракцијом, тј. утицајем карактеристика материјала на могућности машине. Циљ за архитекте више не може бити у потпуности коришћење аутоматизованог процеса од почетка до краја, јер то отклања било какав смисао карактера или заната из наше креације, нити можемо тежити да постанемо толико упознати са софтвером или машином да можемо оставити свој траг кроз процес његовог коришћења. Оно најважније што нам остаје је да нам се одреди скуп вредности, у процесу дефинисан кроз искуство, да води наш осећај и вештине са машином. Да бисмо издвојили нове могућности перформанси из материјала и модерних техника фабрикације, дијалог између материјала, машина и архитекте мора бити резултат префињене вештине дефинисане кроз модерне и историјске услове. Одвајање од заната више није могуће. Занатлија није више један мајстор, него је друштвена структура искуства и знања, које је постало доступно у 21. веку процеса комуникације и интеракције.

Инфраструктура захтева развијен осећај рачунарских способности, али и најважније, интимно познавање система и материјала, који се користе. Често ово може бити постигнуто постављањем вештог рачунарског мислиоца/архитекте директно у производни процес, да учи од експерата програмирања и машина, усваја њихове процесе и разматрања и, по потреби, форсира резултате базиране на другим – архитектонским параметрима.

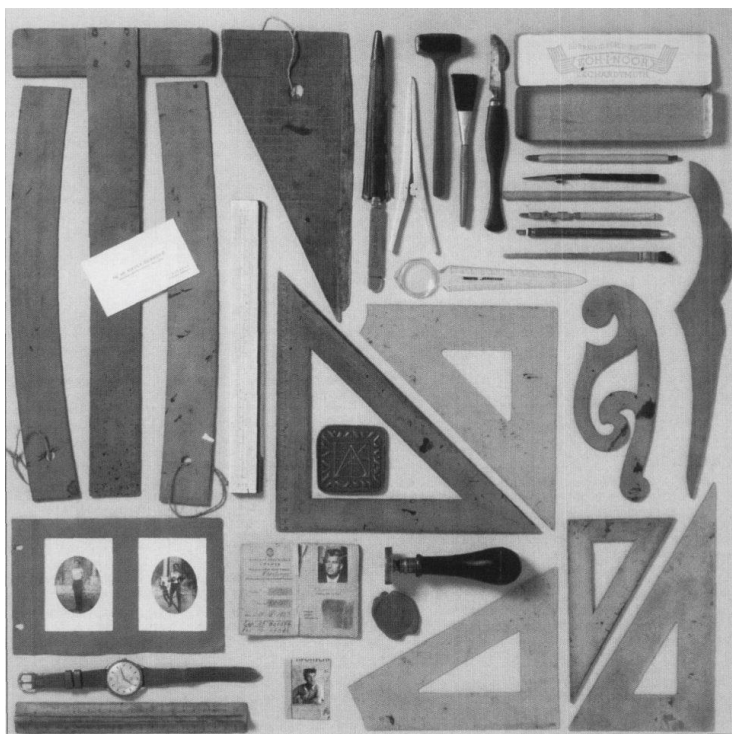
Надовезујући се на уводну реч Лизе Ивамото (енгл. Lisa Ivamoto)<sup>69</sup>, можемо констатовати да је данас тешко замислити пројектовање архитектуре без употребе рачунара. Они се користе на сваком кораку архитектонског процеса, од идејног решења до изградње. Тродимензионално моделовање и визуелизација, генеративно проналажење форме, програмирани системи модулације, структуралне и термалне анализе, управљање пројектима, координација и

---

<sup>68</sup> Christopher Beorkrem, *Material strategies in digital fabrication*, (New York: Routledge, 2012).

<sup>69</sup> Lisa Ivamoto, *Digital fabrications- architectural and material techniques* (New York: Princeton Architectural Press, 2009 ).

производња на основу кода су само неке од дигиталних пракси архитеката и грађевинских инжењера. Дигитална фабрикација је често једна од завршних фаза овог процеса, и он у многоне звучи као начин израде који користи дигиталне податке за контролу процеса производње. Под окриљем рачунарског пројектовања и производње (CAD/CAM) ослања се на алате машина вођених рачунаром, који граде или секу делове.



Слика 23: Прибор за цртање

Извор: Цртаћи прибор архитекте Николе Добровића, приступљено 06.05.2016,  
<https://www.facebook.com/srpski.arhitekti.ag/photos/a.486924153876.259847.35162740387610151352216783877/type=3&theater>

Аналогни алати и цртежи (Слика 23) померани су ка дигиталним уз цртање рачунаром пре 30 година, затим су пројекти Френка Герија рађени као дигитални модел који одговара систему и физички модел транспонован у програм САТИА (Рачунарско додатна тродимензионална интерактивна апликација). Ми доживљавамо плодну генерацију архитектуре фокусиране на могућности проширења материјала и формалне производње. Дигиталне методе су суштински помериле дисциплину архитектуре, а многи путеви сада карактеришу ову

пројектантску арену. Архитекте, укључене у дигитални процес, посвећене су запошљавању потенцијала технологије за информисање процеса пројектовања и опреме еволуције својих пројеката, а њихово експериментисање је изванредно за размеру 1:1. Овај приступ препознаје шта Мајкл Спикс (енгл. Michael Speaks) назива *пројектантском интелигенцијом*:

Израда постаје знање или интелигенција стварања. На овај начин размишљање и рад, пројектовање и фабрикација, и прототип и главни пројекат постали су замагљени, интерактивни, и део нелинеарних значења иновације.<sup>70</sup>

Као што се то види у радовима великих размера, дигитална средина омогућава архитектама да преузму контролу над процесом изградње.

„Дигитални ланац“ јесте метафора архитектонског процеса, насталог посредством дигиталне технологије – применом или комбинацијом различитих дигиталних техника. При томе треба посебно нагласити да се термин „дигитални ланац“ односи само на процес у коме пројектовање и реализација чине непрекинути, повезани низ међусобно условљених дигиталних активности, као што су дигитално пројектовање (кодирање) и дигитално извођење (производња CNC машинама). Дигитално пројектовање представља трансформацију традиционалне пројектантске активности увођењем целе комбиноване групе конструктивних инжењерских технологија, нових материјала, производње и конструктивних процеса које рачунар открива, дозвољава, условљава и подржава са циљем економичније, квалитетније, ефикасније, боље искоришћене реализације уз употребу бољих материјала и са високом употребом машина, које аутоматизују и убрзавају процесе.

„Дигитални ланац“, као резултат дигиталне технологије у архитектури, производи делимичне или комплетне архитектонске производе, засноване на делимичном сазнању или без архитектонског сазнања. Знање архитеката престаје бити главно или неопходно, а производ постаје самостално важан – понекад као продукт форме и идентитета, ређе као решење функционалне архитектуре. Алати

---

<sup>70</sup> Lisa Ivamoto, *Digital fabrications- architectural and material techniques* (New York: Princeton Architectural Press, 2009 ), 7.

постају јачи од идеје и њихов међусобни однос постаје једно од кључних питања савремене архитектуре.

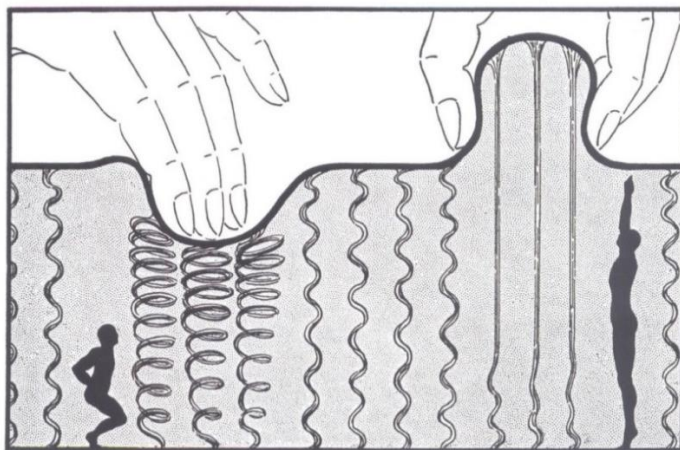
Као што је поменуто, базично се дигитална технологија у архитектури не везује само са пројектовањем, него и са израдом, прављењем. Машине су базиране на програмима за производњу, контролисаним још из фазе пројектовања. Размишљање о структури је кроз дигитално моделовање, анализу и фабрикацију, уз сталну сарадњу са инжењерима без крајњих изненађења.

„Дигитални ланац“ подразумева пренос поруке и реакцију целог ланца при акцији у било ком његовом делу, као у илустрацији Фрица Кана (нем. Fritz Kahn), где је порука гимнастика за везна влакна ткива:

Масажа је гимнастика за везивна ткива влакна. Масажа коже: масажа је гимнастика за везивна ткива влакна. Свако влакно везивног ткива у нашој кожи је аутономно мало створење које жели да живи, дише, једе, чисти се, одмара и да свакодневно вежба како би остало здраво.<sup>71</sup>

*“Massage is gymnastics for the connective tissue fibers.”*

„Порука је гимнастика за везна влакна ткива”



Слика 24: Акција и реакција „дигиталног ланца“ (енгл. *Massage is gymnastic for the connective tissue fibers*)

Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 56.

<sup>71</sup> Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 56.

Дигитални приступ подразумева пренос поруке/одговора архитекте на пројектни задатак процесом кодирања од анализе решења, преко избора, израде прототипа и реализације. „Дигитални ланац“ као сложен архитектонски алат, тј. технолошки процес, подразумева комплексне информације увезане у програме и комплексна знања потребна за управљање. Комплексност процеса „дигиталног ланца“ огледа се у могућностима комбиновања различитих техника пројектовања и техника реализације и како није узастопан след делова, већ је могуће и враћање на почетак, обухвата и контролу кроз прототип.

Из претходних глава се виде различити архитектонски концепти и приступи које омогућава дигитална технологија, а који иза себе крију принцип „дигиталног ланца“ као алата.

Дешава се дефинитивна промена концепта и приступа, као и приступа и захтева. Сада се иза захтева клијента крије и захтев технологије, као и приступ који омогућава тај захтев. Појављује се и појам артифицијалног концепта, поред природног – конвенционалног. Архитекта формира артифицијални концепт, као виртуелну средину у којој пројектује.<sup>72</sup>

Сваки захтев може бити један ланац – код, а затим се ланци – кодови међусобно преплићу, што утиче на усклађеност различитих фаза пројекта, налик конвенционалном синхронизованом плану. Преклоп планова се ради оптимизацијом, која је истовремено и провера и избор решења.

Стратегије пројектовања се граде избором алата и доношењем одлука, преузетих из коришћене технологије или вештина архитекте. Информисане су личним искуством, визуелном/когнитивном перцепцијом и физичком интеракцијом простора, што значи да су кодиране епистемолошким и физичким подацима.

По Шумахеру<sup>73</sup>, база параметарског пројектовања је слојевито, когнитивно размишљање. Нови приступ укључује понашање човека и стално учење. Укључивање когнитивног размишљања човека и трансформација културе су продужеци пројектанта. Култура као изазов учествује у стратегији кодирања.

---

<sup>72</sup> Christoph Gengnagel, Alex Killian, Norbert Palz and Fabian Scheurer, Computational Design Modelling Proceedings of the Design Modelling, (Berlin: Springer, 2011), 192.

<sup>73</sup> Patrik Schumacher, *The Autopoiesis of architecture* (Chichester: Wiley, 2011).

„Дигитални ланац“ представља увезивање дигиталних техника, комплексне геометрије и програмирања, као и димензионалне перцепције линијског цртежа.

Архитектура још увек лута паралелно у оба правца са истовременим увезивањем новог алата и знања осталих дисциплина са основама архитектонског размишљања. Тренутно стање „дигиталног ланца“ јесте у развоју континуалног дигиталног тока. Дефинисаност ланца омогућава дефинисаност позиција архитекте и могућност објашњења његових нових задатака у циљу добијања стратегија које креативно контролишу дигиталне технике пројектовања и реализације. Данас је време критике процеса, а не само процеса у смислу ефикасности.

Недовољна јасност узрокована је компликованим формама и нејасношћу концепта процеса. Време је за успостављање баланса и хармоније у дигиталном процесу пројектовања и враћању ка Курбизјеовој архитектури и хармонији, где је основа план као данас план рада. Естетика инжењера уз захтеве човека и бригу о човеку је примарни задатак архитекте данас, делујући на тај начин директно на стандард.

Демистификација карика и спона „дигиталног ланца“ врши се у складу са задацима пројектовања и реализације и учешћем архитекте, машина и материјала као кључним тачкама, и неопходна је у поређењу са корацима конвенционалног начина пројектовања. „Дигитални ланац“ са анализом утицаја:

#### 1. Приступ пројектном задатку

Приступ пројектном задатку је проналажење идеје и начина приступа пројектном задатку, а затим и анализа те идеје и добијања система размишљања, који воде ка решењу проблема. Овом кариком се представља објашњење начина приступа пројектном задатку при „дигиталном ланцу“ и подразумева успостављање система размишљања или решења проблема.<sup>74</sup>

Присутна је неопходност постојања архитекте као носиоца идеје и везе комуникације са захтевима, као и даљег креирања тих захтева у оквиру концепта и организације концепта до нивоа производа.

---

<sup>74</sup> Слађана Марковић, „Процес дигиталног ланца у пројектовању и реализацији архитектуре“ (магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009), 139.



Идеја, као и свака информација, носи са собом податак и одређена је својим местом, и све док није умрежена у систем у коме је део базе података, представља *сиров материјал*<sup>75</sup>. У зависности од начина коришћења информације, као и система у коме се налази *информација, представља слободу избора, коју имамо у конструисању неке поруке*.<sup>76</sup>

У погледу начина приступа пројектном задатку при „*дигиталном ланцу*“ *могли бисмо да почнемо са тим да ништа друго осим дизајна (енгл. design) није у исто време и именица и глагол и да може да укаже и на крајњи продукт и на процес*<sup>77</sup>, као и на архитекту у процесу.

Архитекта: неопходан.

Машина: присутна као идеја.

Материјал: присутан као идеја.

#### а. Унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигиталном пројектовању - кодирању

Унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање односе се на утицај индивидуалног и тимског рада на решење проблема, начин размишљања при дигиталном и конвенционалном пројектовању као и учешће спонзора, инвеститора, метода и средстава реализације. Целокупан закључак карике се односи на везу са *информатичком технологијом*<sup>78</sup>, у оквиру које је *комуникација уметност и потреба да се приме, трансформишу, преведу и ускладиште информације и знање за даљу употребу*<sup>79</sup>. У овом делу се решавају производне могућности и потенцијални материјали.

Архитекта: неопходан.

Машина: избор, перформансе.

Материјал: избор, перформансе.

## 2. Дигитално пројектовање – кодирање

Дигитално пројектовање – кодирање је трећа карика у процесу

---

<sup>75</sup> Gerhard Schmitt, *Information architecture* (Basel: Birkhäuser, 1999), 62.

<sup>76</sup> Умберто Еко, *Естетика и теорија информације* (Београд: Просвета), 15.

<sup>77</sup> Bryan Lawson, *What designers know* (Oxford, Architectural press, 2004), 3.

<sup>78</sup> Gerhard Schmitt, *Information architecture* (Basel: Birkhäuser, 1999), 6.

<sup>79</sup> Ibid., 6.

„дигиталног ланца“. Представља синтезу података произашлих из детаљне анализе идеје и добијање једног или више врста решења, који се даље проверавају кроз прототип. Дигитално пројектовање успоставља нова правила понашања у пројектовању, што се односи на другачији третман појединих термина, као и сталну повезаност са CNC реализацијом. Заједништво форме, функције и реализације, као рационални трио се поставља насупрот ирационалној замисли форме према Винтеру (енгл. Winter).

Архитекта: неопходан.

Машина: присутни параметри.

Материјал: присутни параметри.

#### б. Утицај параметара машине

Утицај параметара машине и материјала је битан део „дигиталног ланца“, пошто омогућава директан приступ кода машини, а самим тим и целокупну реализацију. Један од циљева процеса „дигиталног ланца“ у пројектовању и реализацији архитектуре је претварање целог пројекта у код, који користи машина као део рачунарски нумеричког контролисаног процеса. Знајући то, цео концепт реализације треба да буде пажљиво истражен, узевши у обзир његове и техничке и физичке карактеристике. То је начин да машина добије тачне информације.

Нумерички контролисане технологије дозвољавају аутоматизованој опреми да буде контролисана и коришћена у реалности кроз употребу симболичког језика – други начин да машини буде речено шта да уради у било ком тренутку (било којој брзини) коришћењем бројева и слова (или празних простора или бита, који представљају бројеве и слова), организованим на регуларан начин.<sup>80</sup>

...

CNC алати могу бити више него тачни, брзи и да њихово покретање кошта мање него код конвенционалних средстава контролисаних руком, мада сваки добар занатлија зна да то не мора увек да буде случај. Они могу да произведу рад са већом сличношћу и већом разноликости.<sup>81</sup>

---

<sup>80</sup> Daniel Schodek, Martin Betchthold, Kimo Griggs, Kao Kenneth Martin and Marco Steinberg, *Digital design and manufacturing* (Hoboken:Wiley, 2005), 237.

<sup>81</sup> Ibid. 238.

Архитекта: неопходан.

Машина: присутан.

Материјал: присутан.

### 3. Реализација 1 – прототип

Реализација 1 – прототип подразумева први део реализације, тј. израду различитих врста прототипова на основу направљеног кода и помоћу различитих CNC машина. Ова карика обухвата различите пробе за коначно реализовање структуре, где се контролишу пројектантски параметри у смислу обликовних, функционалних, естетских карактеристика или у вези са производном средином. Прототипови су концептуалне шеме презентације општег пројектантског знања.<sup>82</sup> У процесу „дигиталног ланца“, могућности и потребе за прототиповима су објашњене као:

Дигиталне технологије укључујући CNC алате помажу да се умањи време потребно за производњу тачног физичког модела и увелико проширују врсте техника доступних за њихово прављење од различитих материјала, који задовољавају њихове потребе.<sup>83</sup>

Архитекта: неопходан.

Машина: присутан.

Материјал: присутан.

### ц. Утицај средстава за транспорт и монтаже

Утицај средстава за транспорт и монтаже карактеришу ово спону тренутно својом више мануелном, него CNC природом, тако да она не само да скреће „дигитални ланац“ са линераног пута, већ још увек укључује и мануелна средства. Аутоматизација целокупног процеса је у духу „дигиталног ланца“, али мануелни начин размишљања у овом делу ланца, величина и тежина елемената проузрокују много проблема у решавању транспорта.

Архитекта: неопходан, лимитирана позиција.

---

<sup>82</sup> Gerhard Schmitt, *Information architecture* (Basel: Birkhäuser, 1999), 42.

<sup>83</sup> Daniel Schodek, Martin Betchthold, Kimo Griggs, Kao Kenneth Martin and Marco Steinberg, *Digital design and manufacturing* (Hoboken: Wiley, 2005), 297.

Машина: присутна.

Материјал: -----

#### 4. Реализација 2 – производња структуре

Реализација 2 – производња структуре је завршна карика процеса „*дигиталног ланца*“ и представља монтажу пројектованог елемента од детаља до целокупне структуре подржане нумеричко контролисаном (CNC) машином. Модерне рачунарски нумеричке контролисане (CNC) машине дају могућност производње комплексних и јединствених производа по цени масовно произведених производа. Ови производни системи не захтевају регуларну мрежу, али су засновани на логички вођеним производним и монтажним процесима, који су дозвољени у великој различитости форми. Развијају се грађевински системи, који се састоје од параметарских компоненти које су у вези са CNC машинама. Рачунари се користе за процесирање података у пројектантском процесу, а затим и за превођење пројекта директно из CAD у CNC машине за производњу, рачунарску вредност финалног архитектонског производа.

Архитекта: присутан.

Машина: присутна.

Материјал: присутан.

Третман *ланца* је исти као и третман стварања архитектуре по Лоусону, који се састоји од следећих корака:

- А Почетак
- Б Изводљивост
- Ц Оквирни предлози
- Д Шематски пројекат
- Е Детаљни пројекат
- Ф Информације за производњу
- Г Предмер и предрачун
- Х Тендерска акција
- Ј Планирање пројекта
- К Операције на локацији

Л Реализација

М Повратне информације

Или у поређењу са поједностављеном верзијом у којој се цео процес описује као *уобичајена терминологија*.

А-Б Информисање, формирање идеје

Ц-Д Планови – скице

Е-Х Радни цртежи

Ј-М Операције на локацији<sup>84</sup>

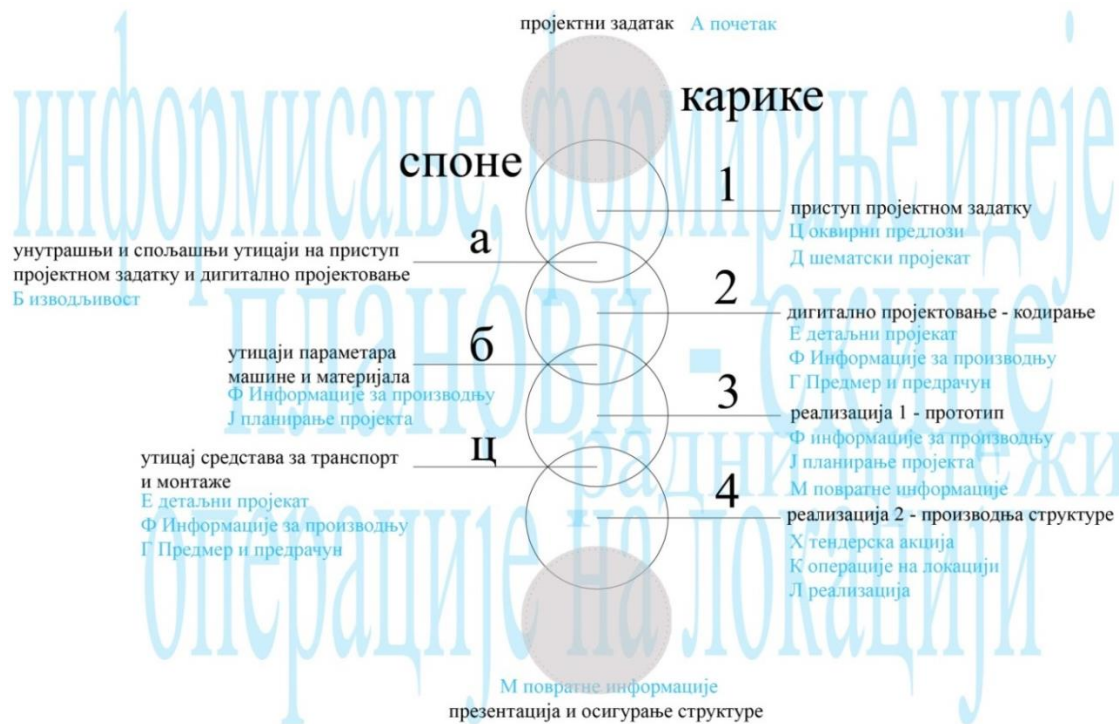
Или у поређењу са домаћом стандардном терминологијом делова пројекта:

1. концепт,
2. идеја,
3. идејни пројекат,
4. извођачки пројекат,
5. реализација.

Преклапање нивоа пројекта који су дефинисани у глобалу у првој глави су сада детаљно описани и раздвојени по фазама рада у складу са *карикама* и *спонама* „*дигиталног ланца*“ (Слика 25).

---

<sup>84</sup> Bryan Lawson, *How designers think* (Oxford: Routledge, 2005), 35–36.



Слика 25: Преклапање „дигиталног ланца“ и делова пројекта по Лоусону

Нивои пројектантских активности су: пројекат – ток, извори потреба, временска дистанца, истраживање и остале карактеристике, процес – методи и начини рада, пракса и професија (Слика 26).<sup>85</sup>

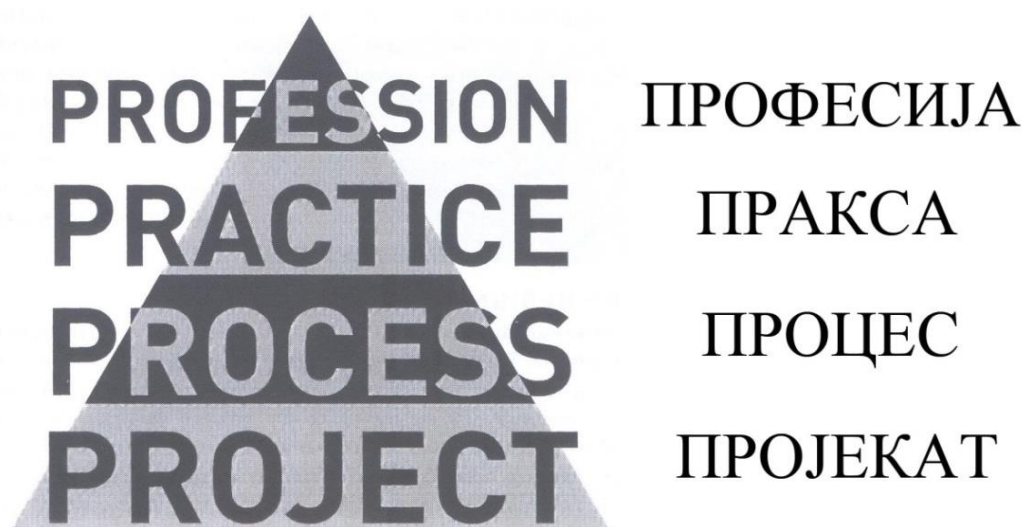
Првенствено се приступ пројектовању базира на пројектантским активностима: формулацији проблема – идентификацији и кадрирању, фокусирању; репрезентацији – разговор са презентацијом; покрету – покрети интерпретације и развоја; евалуацији – субјективна и објективна евалуација и управљању – рефлексивна на акцију, брифинг – информисаност је континуални процес са паралелним линијама различитих мисли (Слика 27).<sup>86</sup>

Следећи корак је паралелно поређење и преклапање конвенционалних и „дигиталних ланаца“ у архитектури у релацији са архитектом, машином и материјалима, као и описом њихове позиције у свакој карици и спони. Обрађајући пажњу на архитекту у делу идеје, по Карпи, суштина архитектуре у архитектури је у томе што простор није ни израда површина нити технички објекат.

<sup>85</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise* (New York: Routledge, 2009), 69.

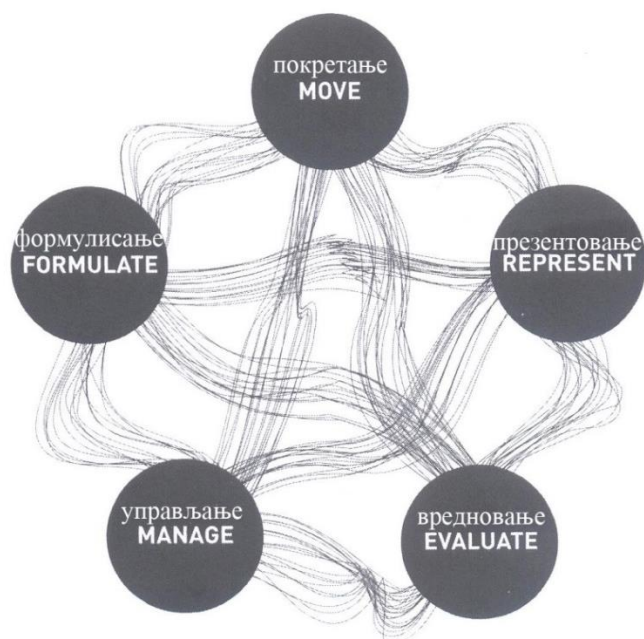
<sup>86</sup> Ibid. 51.

Простор је телесна перцепција.<sup>87</sup>



Слика 26: Нивои пројектантске активности (енгл. Design levels)

Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 61.



Слика 27: Пројектантске активности (енгл. Design activities)

Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 51.

<sup>87</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler and Silke Langenberg, eds. *Fabricate* (Zuerich: gta Verlag ETH, 2014), 12–21.

Дијаграм активности архитекте по Лоусону је преклопљен са *карикама* и *спонама* „*дигиталног ланца*“ и садржи, заједно са машином и материјалом и позиције:

- архитекта у процесу и по *карикама* и *спонама*,
- архитекта у разради,
- архитекта у моделовању,
- архитекта у реализацији.

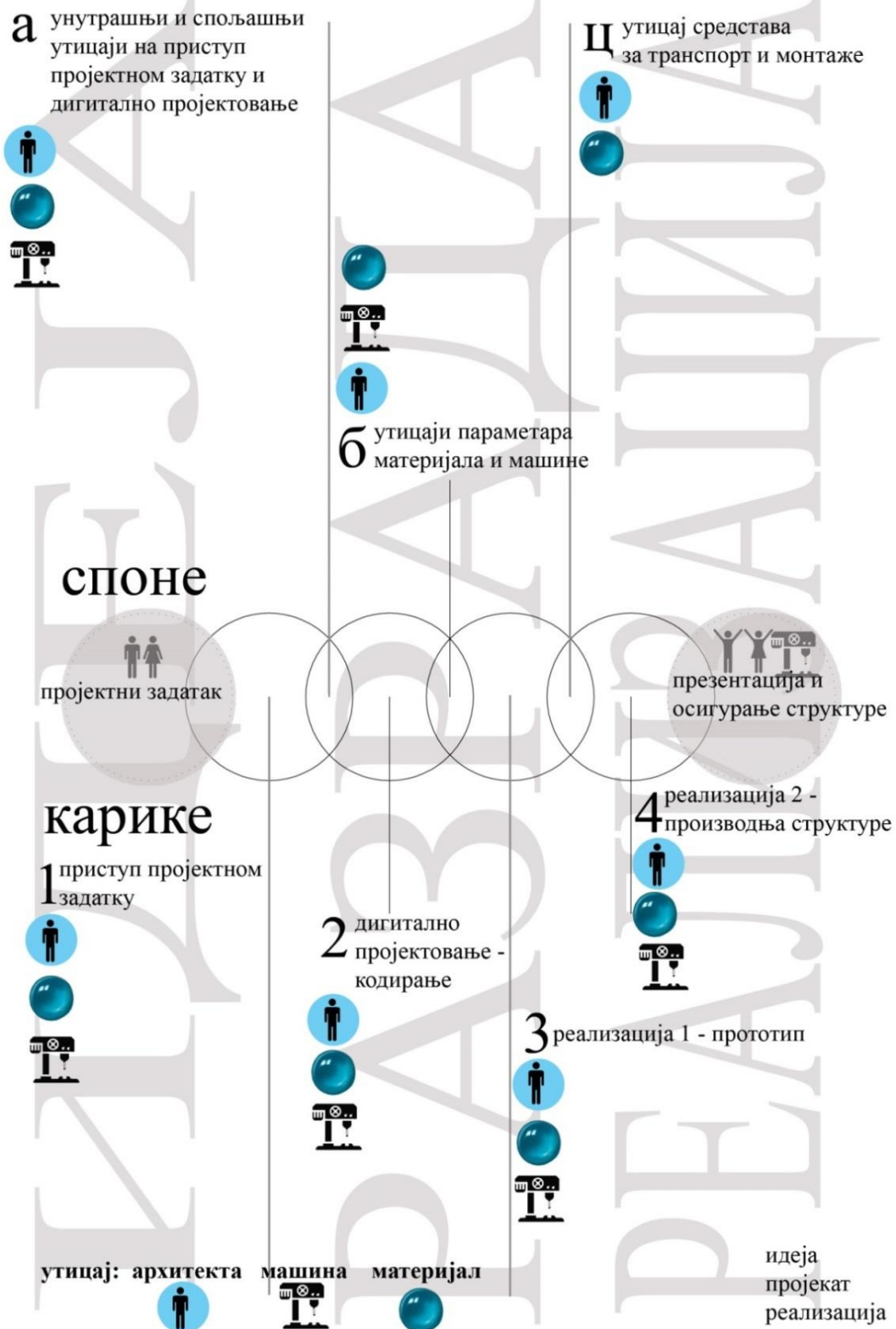
Посматрајући процес закључујемо да на местима прекида континуалног процесуирања пројектовања и реализације настаје потреба за непобитном и неопходном везом *карика* и *спона* као флуидом – архитектором са својим главним карактеристикама и акцијама:

- слушање и разумевање,
- комуникација и ангажовање око људи,
- могућности,
- испорука техничког и креативног талента,
- потврда,
- врхунска визија,
- учење и унапређење.

Шема закључно представља архитектонски конвенционални и „*дигитални ланац*“ са местима пресека и заступљености архитекте, материјала и машина у деловима процеса (Слика 28).

Пролажење кроз програм дигиталног пројектовања је сагледавање истих захтева и проблема из анализираног стања и представља синтезу стандардног повезивања захтева.





Слика 28: Преклоп делова „дигиталног ланца“ у релацији архитекта, машина, материјал и њихова заступљеност у деловима процеса

Важна напомена је да је истраживање вођено пројектовањем, а не технологијом. Питања између пројекта и изграђене средине су омогућена и манифестована у технологији, базирана на дугогодишњим сазнањима произашлим из дијалога утицаја, рефлектованим и аплицираним кроз нове пројекте.<sup>88</sup>

Истраживањем је схваћено да идеја *ланац* није у потпуности заснована, да конкретан *ланац* не постоји и да је сваки нови пројекат експеримент и унапређење система реализације, што је даље доказано различитим искуствима, различитим позицијама архитеката у различитим фабрикацијама, као и унапређењем конвенционалног архитектонског образовања.

Линија процеса кода идеја – кодирање – машина настаје као:

- Резултат архитекте – пројектанти га у ходу прилагођавају себи и утичу на стварање алата – програмског језика, алата машина, који им завршава идеју и ствара производ;
- Резултат савладавања јаза постаје поново решење, а не проблем ограничења, већ прилагођавања алата и машине – себи и архитектури.

Архитекта новонастајуће архитектуре мора да познаје:

1. кодирање,
2. могућу надоградњу процеса истраживањем,
3. трансфер код–прототип и код–машина,
4. концепт – технологија дозвољава, олакшава и омогућава различите симулације на материјалу, машини или у процесу,
5. експеримент – симулација, прототип *versus* реализација, неочекиване околности у реализацији,
6. могућа надоградња алата који користи – додаје апликације потребне да би омогућио решење.

Резултат је да су три доминирајуће особине архитекте: идеја, контрола и организација (Слика 29).

---

<sup>88</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 196–205.



Слика 29: Позиције три доминантне карактеристике архитекте у „дигиталном ланцу“

Технологија мења комуникацију у архитектури, нови вид комуникације је програмирање, тј. кодирање, а порука или идеја је база података, тј. кода. Како живимо у пост индустријском добу у коме влада сазнање, сервис и информација као доминантни економски фактори, и ако мислимо да професија архитекте опстане, архитекта мора дефинисати и одредити код. Производ зависи од дефиниције кода, а код зависи од архитекте, тако да је одговоран архитекта.

Као што је био и један од закључака на симпозијуму у Берлину 2011<sup>89</sup>, рачунари су одређујуће машине и траже тачан улаз (енгл. input) да би испоручиле тачан излаз (енгл. output). Свака операција коју машина мора да уради мора бити и потхрањена у виду детаљне информације у дигиталном моделу.

Рачунарски контролисано пројектовање, моделовање и фабрикација су главни алати архитекте у новонастајућој архитектури заснованој, пре свега, на сложеним захтевима. Анализа делова „дигиталног ланца“ и преклапање са

<sup>89</sup> Christoph Gengnagel, Alex Killian, Norbert Palz and Fabian Scheurer, Computational Design Modelling Proceedings of the Design Modelling, (Berlin: Springer, 2011).

конвенционалним архитектонским *ланцем* је база успостављања архитектонских позиција у систему. Иако је првобитна промена и настала у делу производње, тј. због олакшавања реализације и њеног тесног повезивања са пројектовањем, сада се поново враћамо на анализу присуства стварног креативног, а не принудног и неконтролисаног процеса.

Нови начин организовања производног циклуса захтева *ланчану* организацију од концепта до извођења, као и између архитекте – аутора, одговорног пројектанта и пројектанта корисника и извођача. Како су делови *ланца* консеквентни, неопходна је хијерархија процеса и утврђивање кризних тачака процеса, у којима архитекта губи контролу.

Као што је Боб Шејл рекао на предавању на Бартлету 2012/2013, ми морамо да истражимо алтернативне стратегије улоге пројектанта. Још је тада било јасно да се нови процес отргао контроли и да је неопходно поново прионути на колаборативан и истраживачки рад у радионицама. Такође, база је била направити практични експеримент, а теоретски део је био развијан у складу са искуством у пракси.

Потребно је поново успоставити систем на начин како архитекте мисле, а архитекте морају почети да заиста савремено мисле и прођу кроз систем прилагођавања и адаптације. Такође, они су ти који морају и да доносе одлуке. Архитекта поседује знање и вештине да постави критеријум програма и кода који ће производити велики број различитих решења и проверавати их кроз прототипове. Однос између инжењера и архитеката у овом процесу је неминован и сталан.

Идеја у оба *ланца* има исти приступ, анализу захтева и сегмената. Решавање и разрада имају нови приступ, представљају директан производ 2D или 3D програма. У зависности од приступа и дигиталних алата користе и различите технике дигиталног пројектовања кодирања. Прототип је фаза прављења модела – макета са директном везом са програмима, уз могућност коришћења идентичног материјала који ће се користити у фабрикацији.

„Дигитални ланац“ поседује технолошки резултат, који има другу естетику уколико се не контролише. Однос према уметности је пожељан и присутан као и архитекта, и као узрок и као последица. Првенствено су експерименти рађени на

павиљонима – скулптурама, које су служиле проверавању крајњих скица. Главне особине архитектата, које их поред интердисциплинарности одвајају од осталих инжењера, јесу креативност и уметност, тј. уметност избора правог решења.

Архитектура је, у том смислу, као уметност обликовања и комбиновања форме и функције према начелима естетике, главна детерминанта сваког кода. Код се састоји од база података, од којих је свака од њих структуисана колекција података, према Мановичу. Према Милеру, систем поседује компоненту за складиштење (хардвер) за значај повраћаја и филтрирања података (софтвер), креиран према критеријумима, и за значај претварања података у значајне информације (корисник креира значење). Карактеристика ових база података је њихова флексибилност и бесконачан број могућности комбиновања. Задатак организације у циљу жељеног продукта је у контроли архитекте.

Према Постеровој децентрализацији са активним, ангажованим и свесним субјектом, одлучује архитекта, доноси одлуке и формулише ставове од мноштва информација. Став о дигиталним медијима се ставља у први план по коме је континуалан процес састављан од различитих формација идентитета, а појединца представља као нестабилан идентитет.<sup>90</sup> Управо тај нестабилан идентитет је интуиција, која је „*дигиталном ланцу*“ неопходна као веза у циљу остваривања креативног система размишљања.

Мреже у дигиталним медијима су хоризонталне, представљају интеракције навика људи који им припадају и који њима управљају. Састављене су од растојања између чворова и веза у мрежама, које су круцијалне за опстанак и у микро мрежи и у друштву, тако да су архитектонске мреже важне као подршка и покретач промена у циљу бољег.

Како производ, тј. пројекат производа дириговањем архитекте диктирају и начин фабрикације, тј. машина, објашњењем карактеристика и ограничења појединих машина у релацији са материјалом и целокупним процесом, пре свега кодирањем, при коме машина обрнуто делује, објаснићемо и неопходне позиције архитекте.

---

<sup>90</sup> Vincent Miller, *Understanding digital culture*, (London: Sage publications, 2011).

На раду Стелинга, Шојпера и Рулиера (енгл. Hanno Stehling, Fabian Scheurer, Jean Roulier) приказан је проблем савладавања јаза између пројекта и реализације, тачније пут од CAD-а до CAM-а. Проблем са везом пројекат – реализација могуће је разрешити „*дигиталним ланцем*“ на мањим пројектима – експериментима, али и у стварним размерама остаје слаба карика. „*Дигитални ланац*“ у стварној размери не функционише још у целини, већ су оспособљене одређене карике. Сваки пројекат је експеримент, јаз је везан са пројектом реализације.<sup>91</sup>

Велики број машина производе галаму: рачуарска нумеричка контрола (CNC) машине, велики ласерски секачи, машине фабричког сечења, индустријски роботи и 3D штампачи.

Звук није тренутно решен као део пројектантске средине. Потребно је сагледати пројекте споља и чути их и разумети акустичке перформансе. Програм симулације не производи геометрију, па је потребно увести је из другог програма у коректном формату, као и комбинацију правих алата и техника интегрисаних у архитектонски пројектантски процес преко акустичних параметара и креативних намера архитектуре. Звук геометрије се мора нацртати, симулирати и мерити.<sup>92</sup>

Архитекте и урбани дизајнери учествују у колаборативном архитектонском процесу кроз опишљиву интеракцију са платформом у раним фазама пројекта у смислу посредовања корисника експерата и неексперата и као улаз за програм моделовања и даље анализе.<sup>93</sup>

Удаљивши се поново од тренутне чињенице да машине диктирају процес, враћамо се томе да оне постоје због процеса и због простора.

Почетна идеја као концепт и схватање процеса „*дигиталног ланца*“ са детаљнијим особинама алата, тј. машине, дају артефакт – архитектуру у виду простора за манифестацију производње. Заступљен је вишеструки утицај архитекте на *ланац*, али и на алат. Начини добијања продукта код CNC машина,

---

<sup>91</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler and Silke Langenberg, eds. *Fabricate* (Zuerich: gta Verlag ETH, 2014), 53–59.

<sup>92</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 112–121.

<sup>93</sup> *Ibid.* 166–175.

као и лимити машина, обликовање простора и обликовање материјала представљају различите средине деловања архитекте.

### **3.2 „Дигитални ланац“ са различитим начинима фабрикације – реализације помоћу конкретних CNC машина и материјала**

Позиције архитекте у „дигиталном ланцу“ у односу на конвенционални архитектонски ланац услед резултата процеса са сталним утицајем машине или материјала су знатно промењене. Још увек производња делова зграде коришћењем CNC машина са учешћем архитекте у процесима захтева доста мануелног посла и даје немогућност потпуне аутоматизације због комплексности. Тестирање и доказивање архитектонских позиција процеса „дигиталног ланца“ у задатим условима се врши на изабраним континуалним процесима, са различитим начинима фабрикације и са циљем реализације по идеји.

Студија процеса континуалног дигиталног приступа у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре по принципима „дигиталног ланца“ је урађена на неколико CNC машина са различитим функцијама и материјалима који се обрађују, као медијаторима реализације. Тај последњи корак реализације је начин фабрикације и решава проблем пројекта и представља архитектонски производ.

CNC машине у анализи са примерима циљане и смислене архитектуре:

1. адитивна фабрикација – 3D штампање великих димензија,
2. CNC Ласерско сечење,
3. CNC Обликовање скидањем слојева материјала,
4. пнеуматско обликовање,
5. индустријски робот.

Тренутна позиција „дигиталног ланца“ није континуална још увек и захтева људски фактор – архитекту, управо у унапређењу сваке *карике* и *споне* и континуалности, што води баш ка унапређењу утицаја људског фактора у целом процесу. Комбинација ланца – фабрикација и машина је неопходна у

комплетирању целокупног објекта. Сваки *ланац* је део кодирања – мини програм, тј. мини пројекат, и представља слој целог пројекта.

Особине машина и материјала, њихове могућности и ограничења утичу и на неопходност позиције архитектке и у овом делу.

Као што је комплексност захтева основа „*дигиталног ланца*“, и сам је комплексан процес који континуално заокружује целину, али мини *ланци* у њему су у свим правцима. „*Дигитални ланац*“ је један, а на различитим машинама доказујемо истовремено неопходно непостојање архитектке као решења проблема. Комплексност диригованих „*дигиталних ланаца*“ захтева и комплексност образовања особе.

Заступљеност „*дигиталног ланца*“ је углавном била у геометризованим концептима. Показујући примере из архитектонске праксе који се базирају на пројектантским захтевима архитектке и дају различите могућности, теза иде корак даље, са увођењем *ланца* у све видове пројектовања са комплексним захтевима и са једноставном могућношћу производње масовног прилагођавања као дела пројекта – један *ланац* или целог пројекта.



### 3.2.1 Адитивна фабрикација – 3D штампање архитектонских размера

Адитивна фабрикација је тренутно једини затворени круг комплетног „дигиталног ланца“ и оперативно функционише машинама, које се зову 3D штампачи. Материјали који се користе за штампу варирају, а добијање готовог производа је или слагањем слојева који се стврдњавају или везивањем комплетног производа.

У 3D штампању постоје две породице 3D технологије штампања. Прва породица штампача депонује сиров материјал у слојевима како би се направио производ. Друга породица штампача везује сиров материјал светлом или топлотом како би се добио производ.

Пројектантски програми обликују наш свет, па тако и иза сваког архитектонског модела, прототипа производа и целокупног производа, постоји рачунарски пројектован фајл који је језик модерног инжењерства, по Ходу Липсону<sup>94</sup>. Пројектантски програм је и главни део 3D штампања, а пројектантски фајл говори 3D штампачу како да штампа. Фајл који се шаље ка 3D штампачу има екстензију STL, која напредује ка AMF стандарду (енгл. Additive Manufacturing Format). Конверзија између пројектантског фајла и одштампаног објекта постоји и потребно је искуство да би оно што се пројектује било управо и оно што штампамо. Постоје и програми који утврђују шта није у реду са припремљеним фајлом. Критичну улогу игра STL фајл, који представља припрему за штампу и чија је новија верзија AMF стандард.

Такође тврди да је програмирање као рецепт који се састоји из секвенци – корака, који чине процедуру и резултирају жељеним производом. Геометријско програмирање захтева посебну врсту размишљања, маште и, пре свега, пројектанта. Резултирајући производи су много комплекснији него они добијени конвенционалним путем. Неки делови дизајна могу бити направљени као мале подструктуре, хијерархијских структура.

Генеративно програмирање уместо централизованог кода користи и параметар обликовања у зависности како би облик требало да се развија временом.

---

<sup>94</sup> Hod Lipson, *Fabricated The new world of 3D printing* (Chichester: Wiley, 2013).

Реактивно програмирање је форма језика за описивање облика који реагују и постају динамички. Оно омогућава пројектанту да аутоматизује производњу софистицираним облицима, који ће се адаптирати на средину у одређеном тренутку времена, али као специфичне непознате пројектанту. Користе се за велике пројекте у срединама које су непознате и мењају се. Ставка која је још увек у развоју је постпродуктивни процес, тј. чување производа.

Постпроизводња је чување производа и налази се под експериментом, о чему ће одлучити искуства са првим архитектонским дигиталним производима. У потпуно завршеном производном кругу, у Кини је 3D одштампана прва кућа, као елемент који се готов доноси на локацију, док се прозори раде посебно (Слика 30).

3D штампање великих објеката подразумева истраживање и везу између пројекта, науке, културе, зграде, програма, заједнице и града. Пројекат истовремено служи и као изложба и као истраживање 3D штампане технологије. Пројекат је инициран од стране ДУС архитеката (engl. DUS architects), а локација Северни Амстердам је отворена за јавност од 2014. Кућа је грађена машином која се зове КамерМакер (енгл. Roombuilder) (Слика 31 лево) и која имплицира како би кућа требало да буде грађена – соба по соба. Кућа је штампана овим огромним ФДМ штампачем који може да штампа елементе од  $2 \cdot 2 \cdot 3,5$  m, развијене од стране ДУС архитеката. То је покретни павиљон, који је величине контејнера за превоз робе бродовима. Машина је шест метара висока, а може бити померена камионом или бродом.<sup>95</sup> Овај гигантски штампач поред 3D штампања штампа мали тест комад, који компанија само може да увелича у природну величину. То је потпуно нов начин брзе израде прототипова, по коме се одмах тестира на градилишту шта објекат ради. 3D штампа у архитектури омогућава реализацију зиданих делова са једноставним извођењем орнаментике и комплетном везом са пројектованим моделом кроз једноставну проверу, прототип. Веза са осталим деловима се врши другим дигитализованим процесима и *ланцима*. Ако причамо о пројекту куће, она може бити комплетно обликована посебним системом

---

<sup>95</sup> 3D print Canal House, приступљено 04.05.2014,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_Print\\_Canal\\_House](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_Print_Canal_House)

штампања који истовремено обезбеђује и конструктивност и позиционирање зиданих елемената (Слике 32, 33, 34а, 34б).

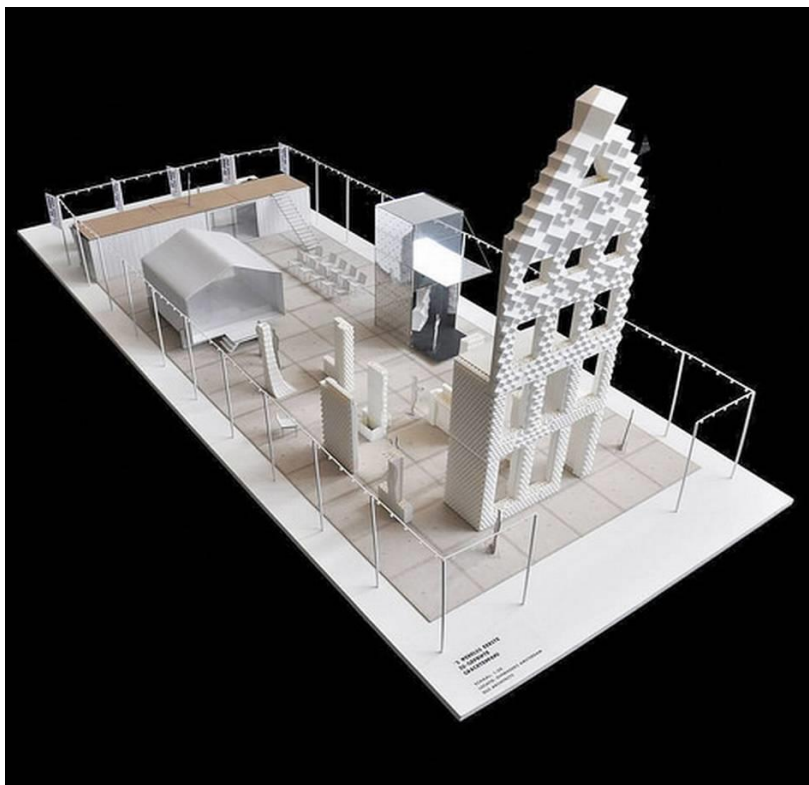
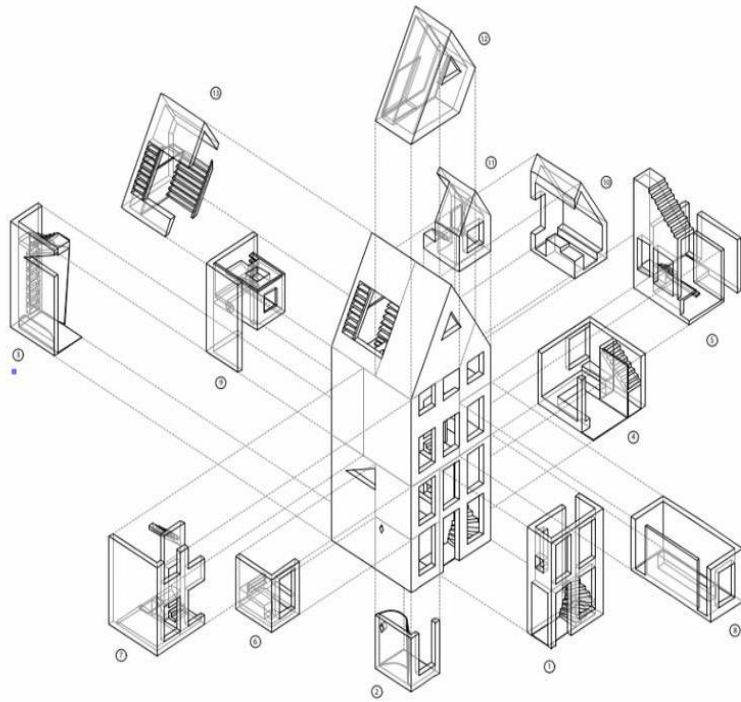
Са друге стране, 3D штампа има удела у реконструкцијама старих објеката у комбинацији са 3D скенером са једноставним добијањем јединствених и унифицираних архитектонских детаља. У складу са тим, Бенцамин Диленбургер и Мајкл Хансмејер (енгл. Benjamin Dillenburger and Michael Hansmeyer)<sup>96</sup> испрограмирали су и одштампали висок и импозантан арабеска зид, који помало личи на зид из викторијанске ере. Киселина која је рендерована у пешчару приказује потенцијал за штампање великих вајарских дела. На слици је невероватан детаљ, постигнут од стране ових швајцарских архитеката, који указује на оно што је могуће урадити при реконструкцији и рестаурацији у унапређењу на пољу наслеђа (Слика 35).



Слика 30: 3D штампана кућа, процес – машина и материјал, Кина

Извор: 3D printed house, приступљено 04.05.2014, <http://inhabitat.com/12000-square-foot-3d-printed-mansion-pops-up-in-china/>

<sup>96</sup> Benjamin Dillenburger and Michael Hansmeyer, швајцарске архитекте, рачунарска архитектура, приступљено 06.05.2016, [http://www.michael-hansmeyer.com/projects/digital\\_grotesque\\_info.html](http://www.michael-hansmeyer.com/projects/digital_grotesque_info.html)



Слика 31 лево и 32, 33: Машина и модел 3D штампане куће, ДУС архитекте

Извор: The printed house, coming soon, приступљено 04.05.2016,

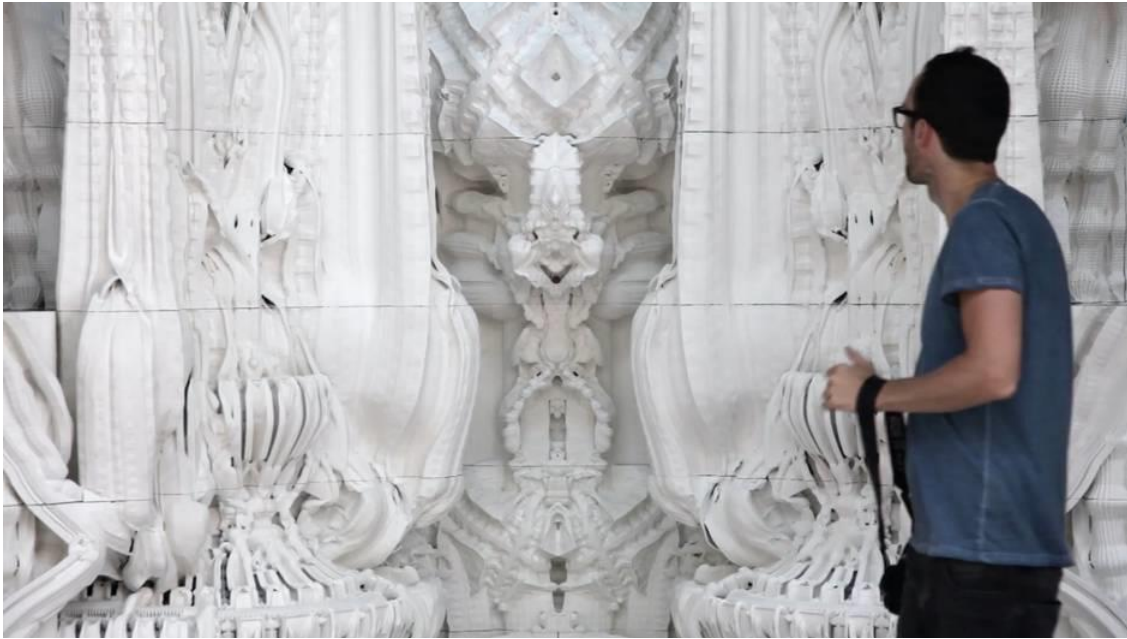
<http://www.theglobeandmail.com/life/home-and-garden/architecture/the-printed-house-coming-soon/article24432799/>



Слика 34а и 34б: Модел 3D штампане куће, ДУС архитекте

Извор: The printed house, coming soon, приступљено 04.05.2016,

<http://www.theglobeandmail.com/life/home-and-garden/architecture/the-printed-house-coming-soon/article24432799/>



Слика 35: 3D штампана структура, Диленбургер & Хансмејер

Извор: The printed house, coming soon, приступљено 04.05.2016,

<http://www.theglobeandmail.com/life/home-and-garden/architecture/the-printed-house-coming-soon/article24432799/>

Адитивна фабрикација даје могућност утицања архитекте на израду комплетног архитектонског облика опне, као ћелијског елемента масовне производње првенствено различитог детаља. Развој овог типа фабрикације се заснива и на нивоу димензија произведеног елемента.

#### Закључак – фабрикација 3D штампачем:

Архитекта: пројектантски захтеви, постављање кода, провера кроз дигитални модел и прототип, унапређење алата, контрола, креативност, флексибилност.

Машина: ограничење – габарит, предност – завршетак обима објекта.

Материјал: истраживање адитивних врста материјала и начина штампе у циљу добијања конструктивности, скуп материјал, могућност прављења конструктивних елемената.

Релација архитекта – машина: унапређује транслацију код – машински код, димензије.

Контрола кодирања – контрола процеса – контрола резултата – контрола алата.

### 3.2.2 CNC ласерско сечење



Слика 36: Ласерски секач

Извор: What is CNC laser cutter?, приступљено 04.05.2016,

<http://www.apa21.org/2013/09/what-is-cnc-laser-cutter/>

Ласерско сечење је технологија која користи ласер за сечење материјала, а обично се користи за индустријску производњу апликација. Све више почиње да се користи у школама, малим предузећима и за хоби. Усмеравање ласера велике снаге најчешће се врши оптичким алатима. Ласерска оптика и CNC се користе за усмеравање материјала или за генерисање ласерског зрака. Типичан комерцијални ласер за сечење материјала (Слика 36) укључио би систем контроле покрета како би се пратила CNC машина или G-код узорак који ће се сећи на материјалу. Фокусирани ласерски зрак је усмерен ка материјалу који се тада топи, гори, испарава далеко или нестане млазом гаса, остављајући предност високог квалитета завршне обраде. Индустријски ласерски ножеви се користе за сечење равних листова материјала, као и за структуралне и цевасте материјале.

Као што је речено у претходном поглављу, материјали који се често користе у архитектури због своје снаге, издржљивости, флексибилности и једноставне обраде су метали (као и клирит). Метали се највише обрађују CNC ласерски секачем. Сваки тип машина има своје предности и мане. Ласерски секачи захтевају знатно више инвестиција да достигну снагу потребну за сечење дебљег метала. Поред сечења, постоје машине са алатима за савијање које се могу користити и за формирање одређених продужетака за дводимензионалне и тродимензионалне облике. Ту су и процеси за креирање неконвенционалних

делова. Ове машине се могу користити и за тестирање прављења мањих модела, али и за генерисање форми и креирање мустри.<sup>97</sup>

Основни процеси масовне промене ласерских машина:

#### Обртање

Обртање је, по дефиницији, рад са лагером који се ротира око своје осе. Комад на коме се ради постаје купаст или округао, као у случају ексера, завртња или сферних зглобова.

Главне операције обртања су:

- кружно спољашње, у којем се алат креће паралелно са осом револуције;
- површинско, у којем се алат креће под правим углом у односу на осу револуције, дозвољавајући стварање равних површина управних на осу револуције;
- комплексно, које укључује нелинеарно програмирање покрета алата покрета паралелно и управно у односу на осу комада, омогућавајући стварање округлих облика према мешавини генератора дуж правих линија у било ком правцу, и линија на луковима обима;
- унутрашњи, у комадима са отворима, могуће је комбиновати кружно, површинско и комплексно обртање у унутрашњим деловима, са постизањем и заобљених и равних унутрашњих површина.

#### Бушење

Бушење се односи на обртање у коме ротирајући алат уклања материјал са комада који се ипак одржава, боље него помера. Главна кретања овог процеса укључују: континуирано ротирајуће резање алата; бушење у оси алата; постављање и позиционирање лагера или алата да би се оса алата поставила у линију са осом отвора.

#### Глодање

Глодање је процес у коме се алат креће у односу на комад, дакле лагер или алат остају мирни. Кретање прераде и наметнутог алата у односу на комад или обрнуто може бити линеарано или закривљено.

---

<sup>97</sup> Christopher Beorkrem, *Material strategies in digital fabrication*, (New York: Routledge, 2012).



Главни покрети глодања укључују резање, континуирано ротацију алата; глодање, равно или закривљено, комада у односу на алат; и позиционирање које успоставља дозвољену дебљину померања и израде комада или алата померањем.

#### Брушење

Брушење је процес уклањања материјала у облику веома ситних чипова. То се обично користи у коначним фазама производње или за полирање и израду комада високе прецизности претходно израђеним другим процесима, који су оставили дозвољену дебљину од десетине или стотине милиметара.

#### Обрадни центри

Нумерички управљани производни центри су мултифункционалне машине, које омогућавају извршење различитих процеса, на пример: глодање, бушење, мерење, и навијање. Машински центар стога може заменити неколико машина са једном функцијом за процесе одлука чипом.

#### Архитектонска остварења ласерским секачем

Eventscape (енгл. Eventscape) производи неколико прилагођених елемената за овај пословни простор на Кауст Универзитету<sup>98</sup>. У предворју лифта се налази орнаментални зид танког профила са полимер лед светлом и таваница обложена ласерски исеченим и гравираним челичним панелима са вишеструким слојем бронзане завршне обраде. Руком уклесан, двоструко закривљен декоративни метални зид води у канцеларију и помаже да се створи простор ублажене елеганције и увода у приватност (Слика 37).<sup>99</sup> Природно светло прогресивно улази у отворен простор, пројектован да обезбеди максимум дневног светла и поглед ка пејзажу Вашингтона.

Пројекат: KAUST Investment Management Company.

Локација: Arlington, VA.

Пројектант: Studios Architecture.

Извођач: Eventscape.

---

<sup>98</sup> KAUST (King Abdullah University of Science and Technology) Investment Management Company

<sup>99</sup> KIMC, ARLINGTON, VA, USA, приступљено 04.05.2016,

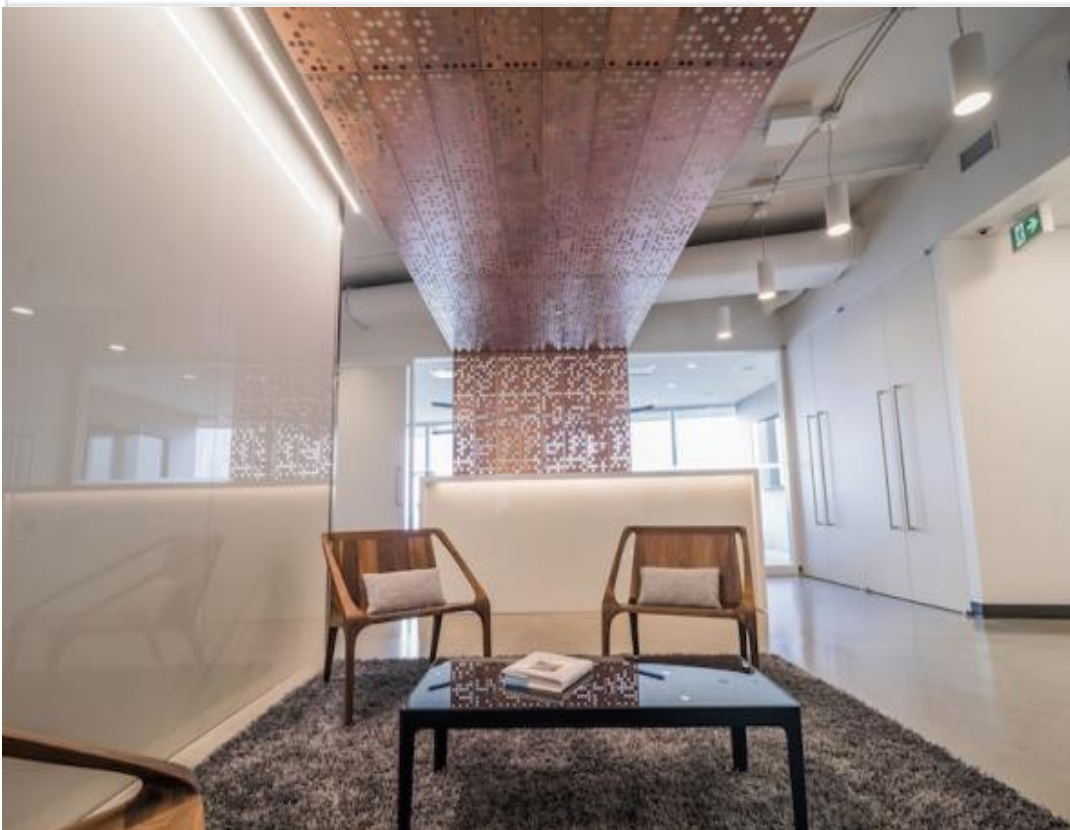
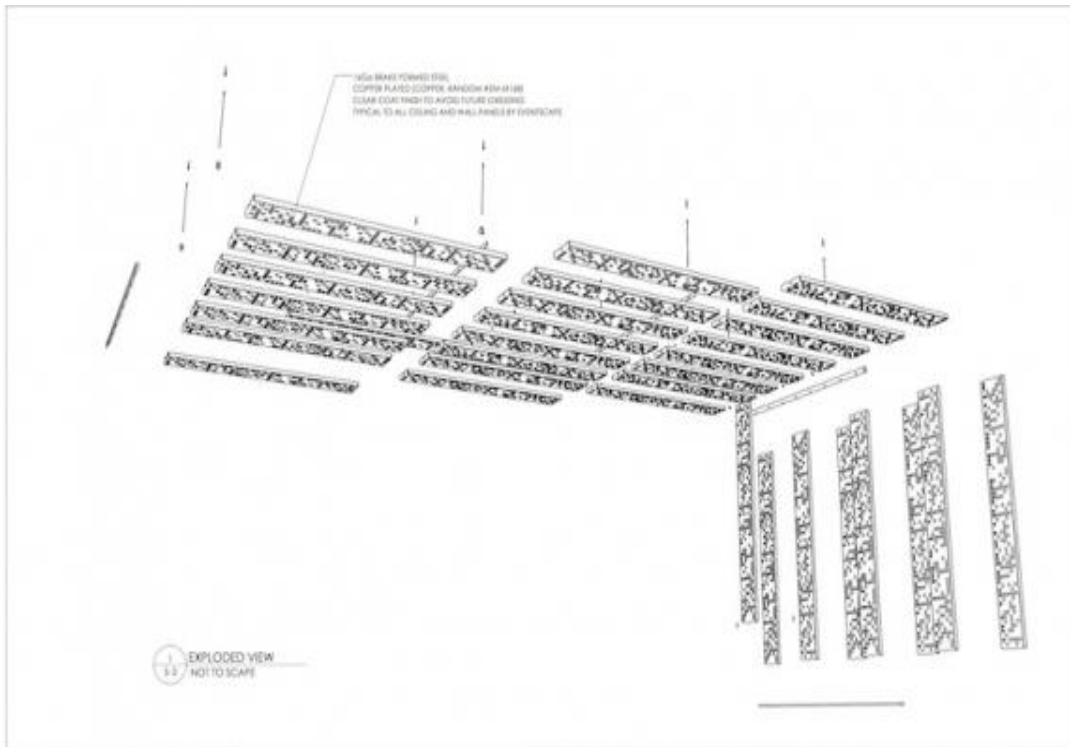
[http://eventscape.net/index.php/projects\\_/projects\\_single/kimc](http://eventscape.net/index.php/projects_/projects_single/kimc)



Слика 37: Орнаментални зид

Извор: KIMC, ARLINGTON, VA, USA, приступљено 04.05.2016,

[http://eventscape.net/index.php/projects\\_/projects\\_single/kimc](http://eventscape.net/index.php/projects_/projects_single/kimc)



Слика 38: Трака зида и плафона

Извор: TICKER TAPE PARADE, приступљено 04.05.2016,

[http://eventscape.net/index.php/news\\_/ticker\\_tape\\_parade](http://eventscape.net/index.php/news_/ticker_tape_parade)

Архитекте су пројектовале овај упечатљив зид од метала и надстрешницу за функцију пријема новинске компаније у Торонту. Конструкција од 258 квадратних стопа и димензија 32 панела по 12 инча ширине са 2 инча формираном ивицом прекида је пројектовано, фабриковано и монтирано од челичних плоча са бакарним премазом и сечено CNC машином, тако да се добије утисак да је од папира – траке. Карактеристично је и то да је спој урађен на комадима метала, тако да улазе један у други, без додатних везивних средстава. Архитекта је инсистирао на изгледу лебдења, тако да је урађен минимални број вешања за монтажу надстрешнице (Слика 38).<sup>100</sup>

Име пројекта: TICKER TAPE PARADE.

Локација: CNW, Toronto, ON.

Пројектант: figure 3.

Извођач: Eventscape.

Ида Донсгард (енгл. Ida Thonsgaard) ласерским резом текстила оживљава простор када светлост сија кроз застор и испуњава просторију осећајем треперења осветљења бисера (Слика 39).

Направљена за спољни део новог продужења старе куће у селу Бранденбург, Немачка (архитекта Петер Грундман), завеса покрива једну читаву стаклену фасаду 7,0 · 3,5 m.

Идеја уметнице Донсгард: *Идеја је била да се направи нематеријални образац, да би дошли до оживљавања само када светлост сија кроз њега и испуњава просторију са осећајем треперења светла бисера.*

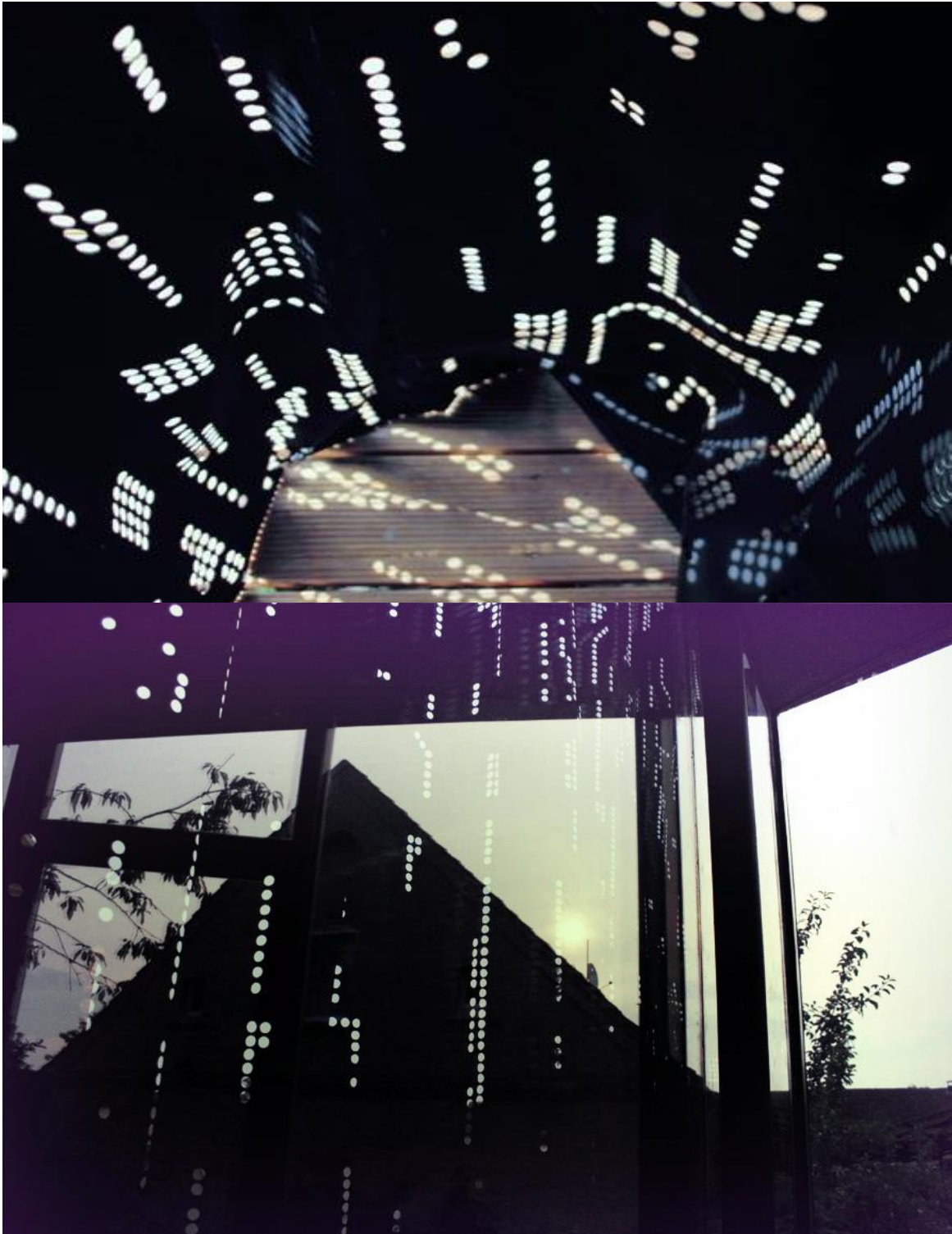
Црна боја је одабрана да покаже бољи контраст између материјала и светлости. Узорак величине 7,0 · 3,5 је направљен од малих отвора (око 1,5 cm) и сечен индустријским ласерским секачем.

*Завеса виси са спољне стране куће и чини веома живи светлосни приказ, и када дува ветар и када сунце сија.*

---

<sup>100</sup>Ticker tape parade , приступљено 06.05,2016,

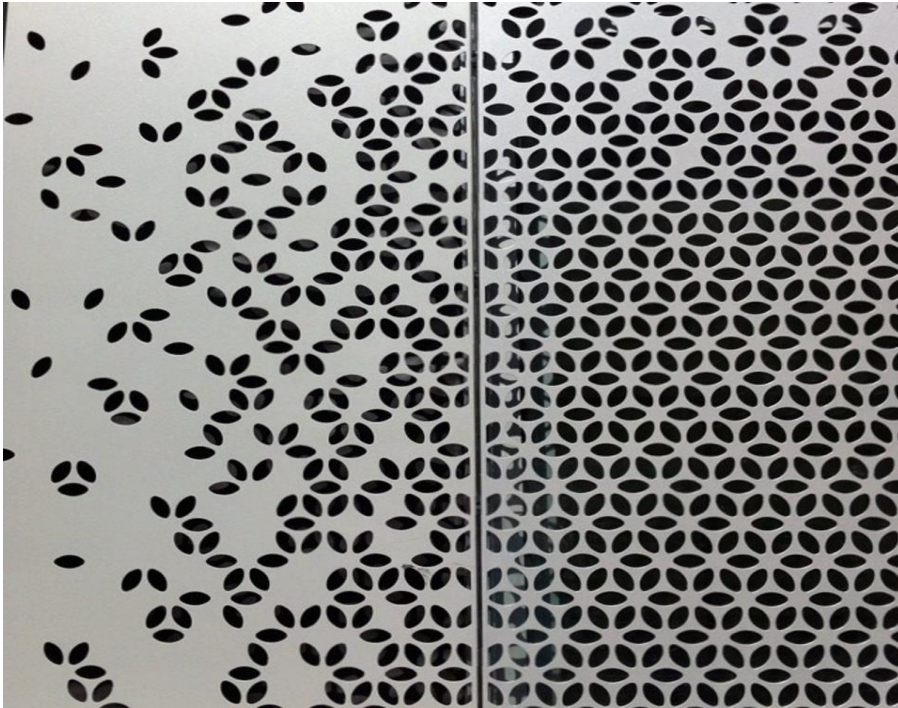
[http://eventscape.net/index.php/news\\_/ticker\\_tape\\_parade](http://eventscape.net/index.php/news_/ticker_tape_parade)



Слика 39: Фасада од ласерски сеченог текстила

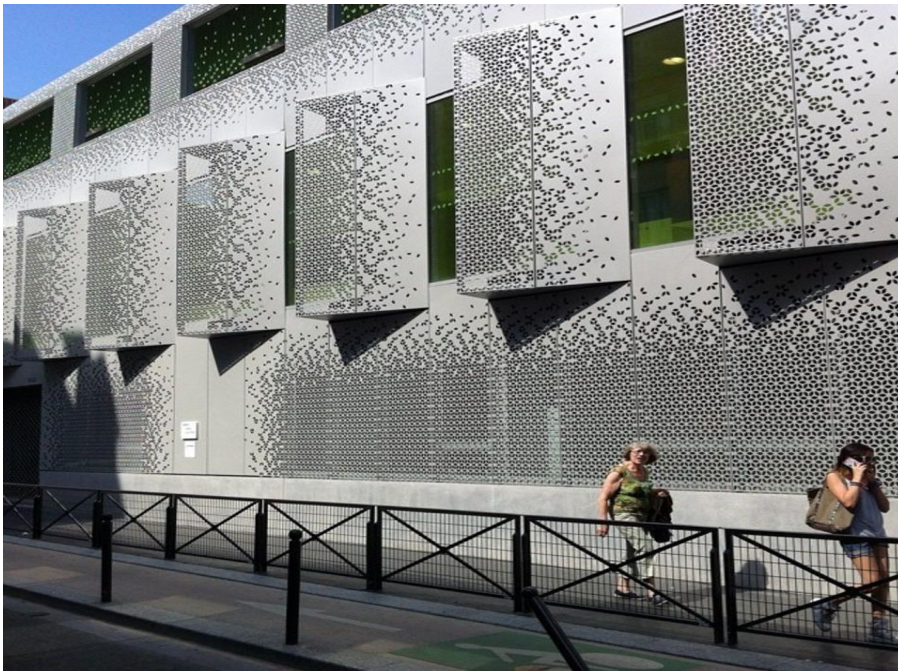
Извор: Laser cut textile facade, приступљено 04.05.2016,

<http://mocoloco.com/laser-cut-textile-facade-by-ida-thonsgaard/>



Слика 40: Ласерски сечен метални панел

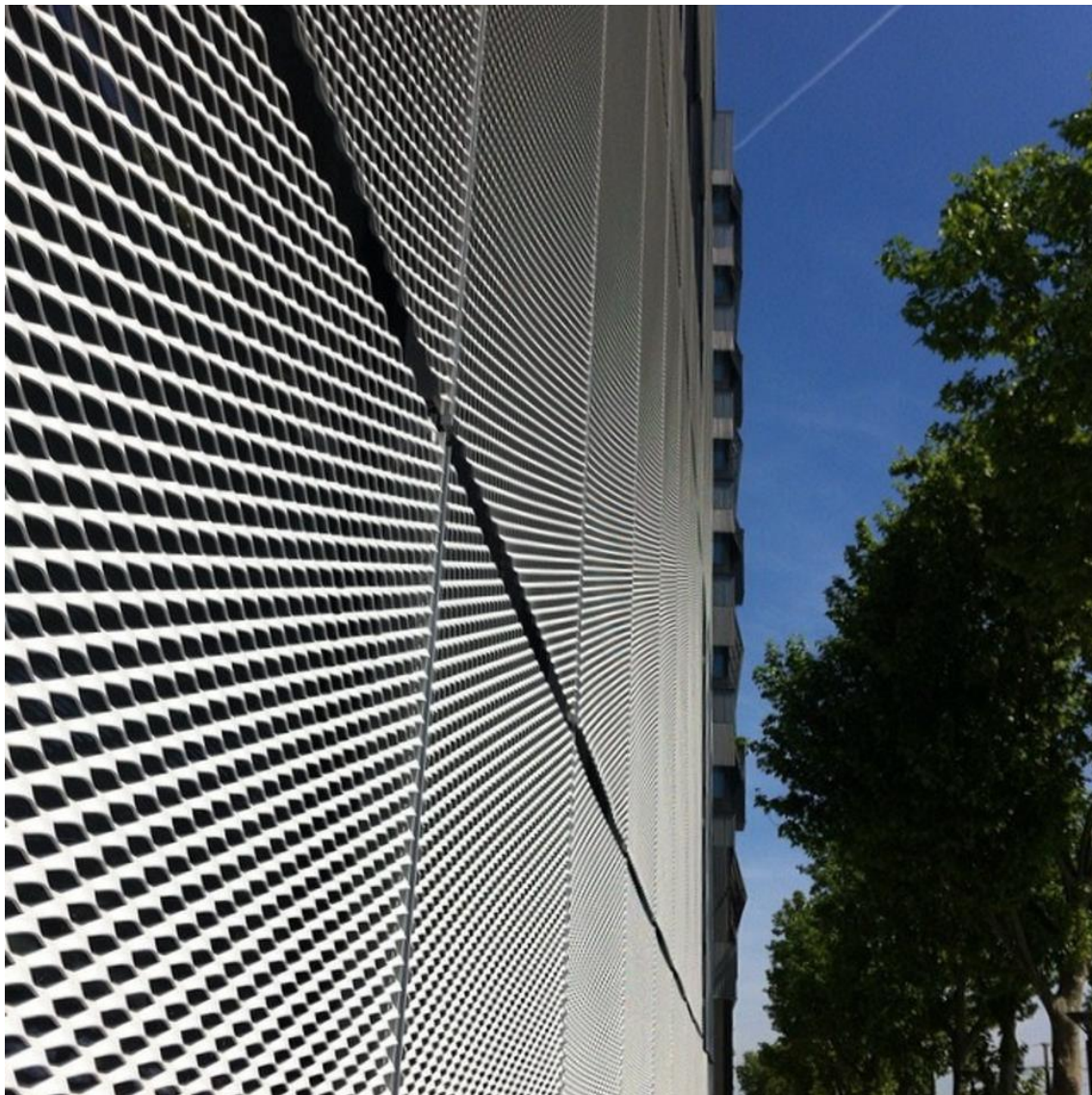
Извор: Sebastien Lucas, Panneau metal avec decoupe laser, приступљено 27.04.2016,  
<https://www.flickr.com/photos/sebastienlucas/14194537437/in/photostream/>



Слика 41: Фасада израђена од ласерски сечених металних панела

Извор: Sebastien Lucas, Façade de crèche rue de crime, приступљено 27.04.2016,  
<https://www.flickr.com/photos/sebastienlucas/14194537437/in/photostream/>

Ласерски сечачи се користе у орнаментици и програмирању фасада у циљу амбијенталности и функционалних захтева, а све више и по питању енергетске ефикасности (Слика 40, 41 и 42).



Слика 42: Фасада израђена од ласерски сечених металних панела

Извор: Sebastien Lucas, Tole blanche, приступљено 27.04.2016.

<https://www.flickr.com/photos/sebastienlucas/14194537437/in/photostream/>

Близак однос перформанси материјала и машина условљава заједнички развој уз отварање могућности новог приступа функцијама архитектонског простора.

### Закључак – фабрикација ласерским секачем:

Архитекта: пројектантски захтеви, постављање кода, провера кроз дигитални модел и прототип, унапређење алата, контрола, креативност, флексибилност.

Машина: ограничење – габарит, једна врста операције.

Материјал: истраживање карактеристика материјала и крајњих могућности између односа перформанси материјала, машине и захтева.

Релација архитекта – машина: унапређује транслацију код – машински код, тестира материјал и машину.

Контрола кодирања – контрола процеса – контрола резултата – контрола алата

### **3.2.3 CNC обликовање скидањем слојева материјала**



Слика 43: CNC машина глодалица, процес

Извор: Dirk Hebel, Joerg Stollmann and Tobias Klauser, *Inventioneering architecture* (Zuerich: gta Darch, 2006), 22–23.

CNC глодалице имају одређен број оса (типично 2,5–7) и механичку главу рутера која се врти 20.000 пута у минути. Полупречник сваког бита дефинише половину ширине њеног сечења, пратећи команду дуж његове централне линије, стварајући рез који може да обезбеди оба ограничења (без унутрашњих углова) и могућности (спуштене ивице и дубока сечења). Ситни делови, са димензијама мањим од ширине бита, често су уништени током процеса млевења. Типични битови нису за уске унутрашње углове, где остављају закривљења на сваком



углу. Све ово отежава стварање прецизног унутрашњег зареза за повезивање компонената као у конвенционалном моделу у два правца.<sup>101</sup>

Дрво или полимери се користе због свог различитог структуралног капацитета и могућности веза.

Ово поглавље разматра еволуцију у грађевинској индустрији дрвета и полимера методама интегрисане аутоматизоване израде, чиме се постиже већа одрживост животне средине, посебно у грађевинским системима који су били у стању да трансформишу локалне материјале на компоненте са високом техничким перформансама (Слике 43, 44 и 45).

Пет кључних јединица производних процеса су идентификоване и испитане: масовна промена са и без уклањања струготине респективно, машински центри, деформације, спајање и консолидација.

Процеси масовне промене за обраду дрвета и полимера имају више техника и велики број могућности. Они се користе у производњи мноштва облика са различитим карактеристикама и у активностима примарне прераде који претварају неисечене облике у полуфинални производ у облик резане грађе, плоча, фурнира, делова фурнира и сл.

#### Машински центри

Машински центри се брзо шире у раду примарне и секундарне прераде због флексибилности и њихове способности да користе једну машину за обављање различите процесе: проширење, навој, глодање, бушење и мерење.

#### *Идеја као покретач технологије*<sup>102</sup>

Светло је било кључни фактор за архитекте приликом дизајнирања водећег производа за швајцарску банку Рајфајзен у Цириху. Њихов циљ је био да се створи отворено окружење, померено из затворене перцепције традиционалног банкарства, у коме купци и запослени могу да се укључе у дневни боравак налик окружењу инспирисаном високо софистицираном финализацијом малопродајних

---

<sup>101</sup> Christopher Beorkrem, *Material strategies in digital fabrication*, (New York: Routledge, 2012).

<sup>102</sup> Hole Lot of Sense: smart uses for perforated façades and partitions, приступљено 27.04.2016, <https://www.architonic.com/en/story/alyn-griffiths-hole-lot-of-sense-smart-uses-for-perforated-facades-and-partitions/7000629>

простора. Отворени, светлији простор је подељен слободно стојећим зидовима, провидним завесама и перфорираним екранима. Екран се користи за контролу погледа у приватне зоне, уз одржавање одличног нивоа светлости у унутрашњости. Површина екрана је украшена издвојеним снимцима неких од најпознатијих бивших становника овог подручја, помажући банци да повеже свој футуристички изглед са културним наслеђем у региону. Сlike се урезају у белим Хај-Макс (енгл. Hi-Macs) композитним површинама са необичним квалитетом.

#### Прототип за *отворену банку*

Захтев клијента је био да се склоне традиционалне баријере између купца и запосленог, стварајући нову врсту *отворене банке* као простора сусрета. Напредне технологије чине банкарску инфраструктуру углавном невидљивом; терминали приступа запосленима су скривени у елементима намештаја, а прихватни систем робота даје 24 сата приступ сефовима. Ова промена даје банци могућност да постане светлија, позивајући окружење у отворен салон, где купци могу да науче о новим производима и услугама (Слика 46 и 47).

Овај салон више даје утисак софистициране финализације малопродајних окружења, него традиционалног ентеријера банке. Разговори могу спонтано почети око екрана осетљивог на додир (енгл. touch screen), а простор је опремљен инфо-таблама и транзицијом ка собама за састанке за више приватних разговора. Инфо-табле не приказују само бројке на светским берзама у реалном времену, него се могу користити и за интерактивно откривање историје дела града или само за проверу најновијих спортских резултата.

Зидови мембране елегантно теку спајајући различите делове банке у један континуитет, повезујући пријем потрошача у предњем делу и радне станице запослених оријентисане ка дворишту. План пажљиво контролише поглед са циљем да створи различит степен приватности и максимизира дневну светлост. Зидови се понашају као мембрана која посредује између отворених јавних простора и интимно скалираних конференцијских сала.

Портрети најистакнутијих бивших становника овог подручја, тј. њихови апстраховани снимци се урезају у белим Хај-Макс (енгл. Hi-Macs) композитним површинама, користећи напредне дигиталне технике производње. Иако

компликовано декоративан, основни дизајн банке је у културној прошлости тог подручја, а у потрази јасно оријентисан ка будућности (Слика 48).

Креирано у вези са информационо уметничким интерактивним медијима, инфо-табла у салону купцима нуди прилику да провере најновије акције на берзи или дневне вести. Екран осетљив на додир такође омогућава упознавање са историјом тог подручја и личностима видно истакнутим на зидовима банке. Најважније од свега, делује као магнет за клијента и саветника да се сретну опуштено, пре одлуке да ли треба да пређу до суседних соба за састанке за даљу дискусију.

Клијент: Raiffeisen Schweiz, Niederlassung Zürich.

Пројектант: DGJ+NAU.

Медиј: iart interactive.

Шема зида: ROK – Rippmann Oesterle Knauss GmbH.

Осветљење: Sommerlatte & Sommerlatte.

Извођач: Archobau AG.

Фотографија: Jan Bitter.

Машина глодалица је заступљена у обради различитих материјала, тако да се развој првенствено огледа у откривању иновативних начина обраде и њихове употребе у простору у смислу широког спектра пројектантских захтева.

#### Закључак – фабрикација машином глодалицом.

Архитекта: пројектантски захтеви, постављање кода, провера кроз дигитални модел и прототип, унапређење алата, контрола, креативност, флексибилност.

Машина: ограничење – габарит, једна врста операције.

Материјал: истраживање карактеристика материјала и крајњих могућности између односа перформанси материјала, машине и захтева.

Релација архитекта – машина: унапређује транслацију код – машински код, тестира материјал и машину.

Контрола кодирања – контрола процеса – контрола резултата – контрола алата



Слика 46 и 47: Отворена банка, Цирих

Извор: Hole Lot of Sense: smart uses for perforated façades and partitions, приступљено 27.04.2016, <https://www.architonic.com/en/story/aly-griffiths-hole-lot-of-sense-smart-uses-for-perforated-facades-and-partitions/7000629>



Слика 48: Деталъ - Отворена банка, Цирих

Извор: Hole Lot of Sense: smart uses for perforated façades and partitions,  
приступљено 27.04.2016, <https://www.architonic.com/en/story/aly-griffiths-hole-lot-of-sense-smart-uses-for-perforated-facades-and-partitions/7000629>

### 3.2.4 Пнеуматско обликовање

Последњи модул годишњег мастер курса CAAD ETHZ 2005/2006 фокусирао се на дигиталној обради лима (Слика 49). Као и ранијих година, студенти су имали да науче како да раде са ласерским секачем, машином за савијање и јединицом за заваривање. Дигитална фабрикација са CNC машином за ласерско сечење се заправо практикује већ дуго низ година на ETHZ, док је *процес прављења форме на бази воде* који је развио CAAD члан Оскар Зиета, иновативни нови метод за креирање 3D запремина из 2D листова, понекад са изненађујућим резултатима.<sup>103</sup>

Оскар Зиета (енгл. Oscar Zieta) јесте пољски архитекта, који је технологију првенствено искористио у области ентеријера:

У принципу наше истраживање се односи на дигиталне процесе који се развијају на рачунару. Циљ да *одитампамо* резултате наших дигиталних студија на рачунарски контролисаној машини, то јест ласерско сечење, CNC скидање материјала, итд. Мој задатак је био јасан пре осам година, када сам почео да радим на овом институту. Мој посао је био да пријавим рачунарски контролисане машине у области лаке конструкције и дизајна, и да сазнам који процеси су најфлексибилнији. Флексибилнији ланац производње, подразумеваа шири производњу. То је ствар производних процеса који нам омогућавају да се постигне резултат што једноставније и са минималним бројем фаза производње и ресурса.<sup>104</sup>

Развијање ограничене серије Чипенстил (енгл. Chippensteel) столице још увек нуди јединствено искуство материјала, али облик столице је мало редизајниран како би се омогућила производња масовног прилагођавања. Столица је јединствено обрађена и производи се у Фиду<sup>105</sup> технологији (Слика 49а),

---

<sup>103</sup> Pump up my chair, приступљено 04.05. 2016, <http://www.caad.arch.ethz.ch/wiki/Events/PumpUp>

<sup>104</sup> Blow up sheet metal, приступљено 05.05.2016. <https://www.architonic.com/en/story/nora-schmidt-blow-up-sheet-metal/7000205>

<sup>105</sup> Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 05.05.2016, <http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>

помоћу својства савијања лимова. Материјали су челик и инокс; боје су: бела, црна, плава и сива.



Слика 49: Намештај, пнеуматско обликовање

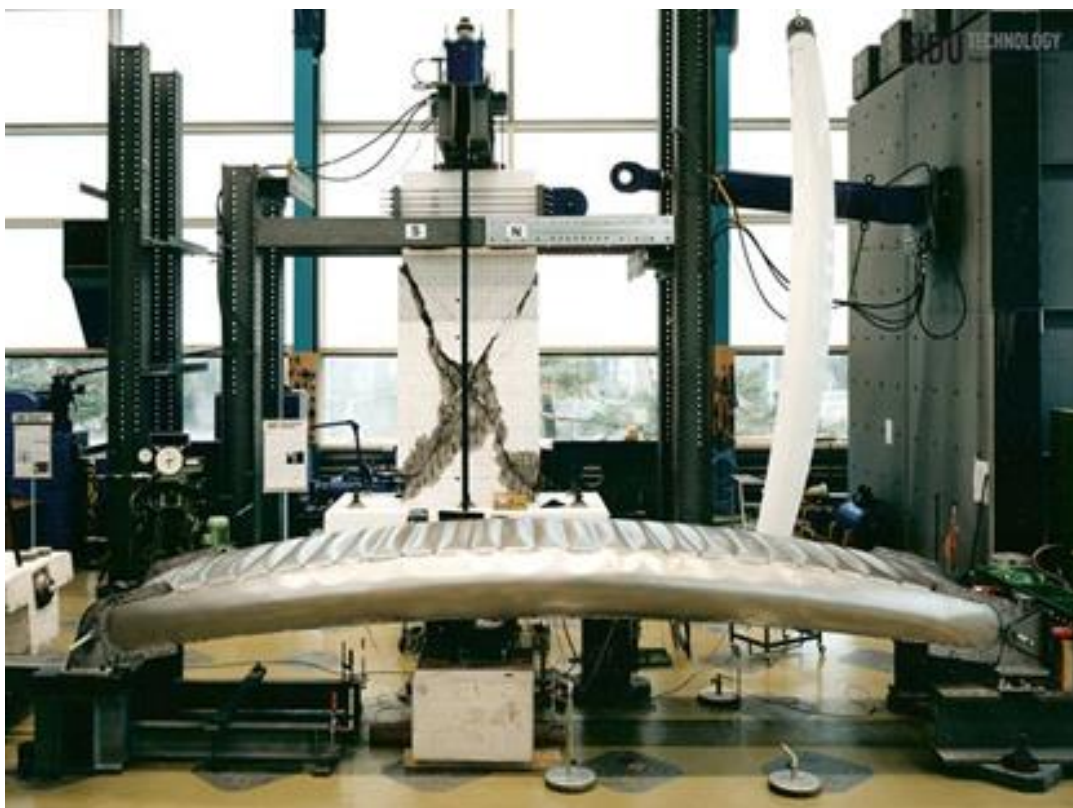
Извор: Pump up my chair, приступљено 04.05. 2016,

<http://www.caad.arch.ethz.ch/wiki/Events/PumpUp>



Слика 49а: Столице (енгл. Chippensteel)

Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>



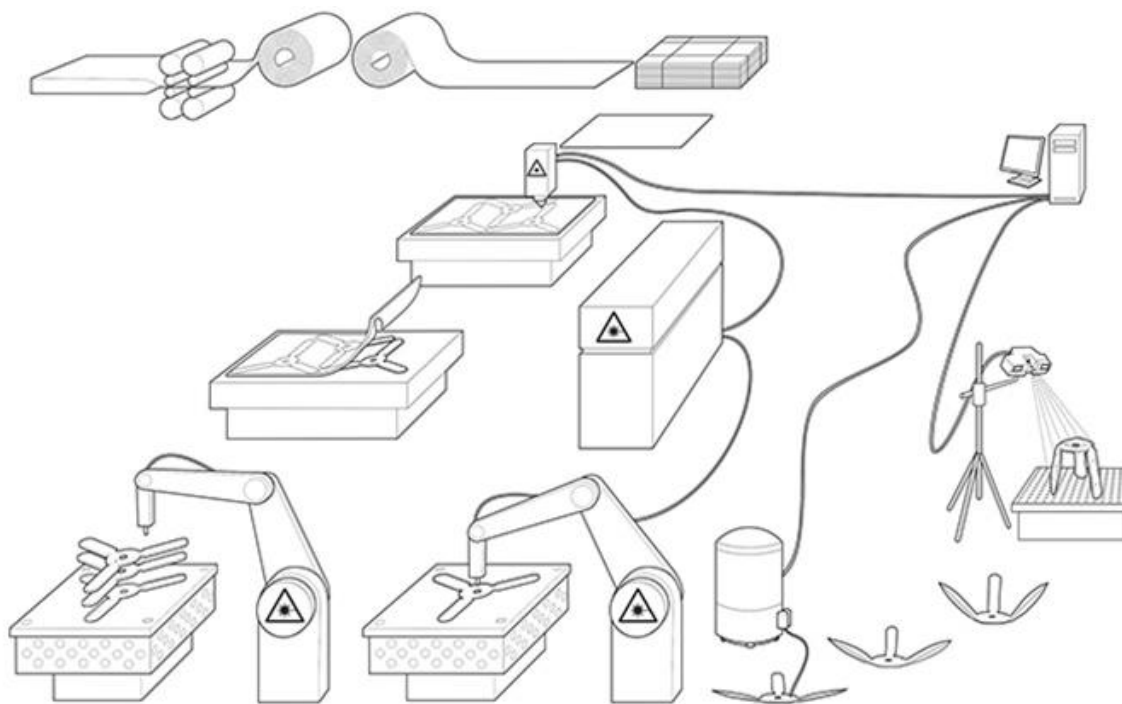
Слика 50: Пнеуматско обликовање, производња

Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>



ФИДУ (енгл. FIDU) јесте иновативна метода промене бита до атома. Данашњи свет је препун непотребних и присилних података. Ми стављамо акценат у својим производним процесима не само на коришћење мање материјала, него и мање података.<sup>106</sup>

Зиета Процесдизајн (енгл. Zieta Processdesign) користи прецизне роботе и организоване алате за стварање ефикасног и одрживог производног процеса. Захваљујући програмираном процесу и одличном разумевању материјала – лима, пројектант може да пређе са Фиду технологијом (Слика 51) само на контролисање кључних спајања тачака геометрије, док су површина и негативан простор резултат слободне деформације унутрашњости – *под контролом губитак контроле*. Тако материјал *одлучује* о свом коначном облику који је постигнут када се деформише од 2,5D (два заварена равна метална облика) у 3D, користећи унутрашњи притисак.



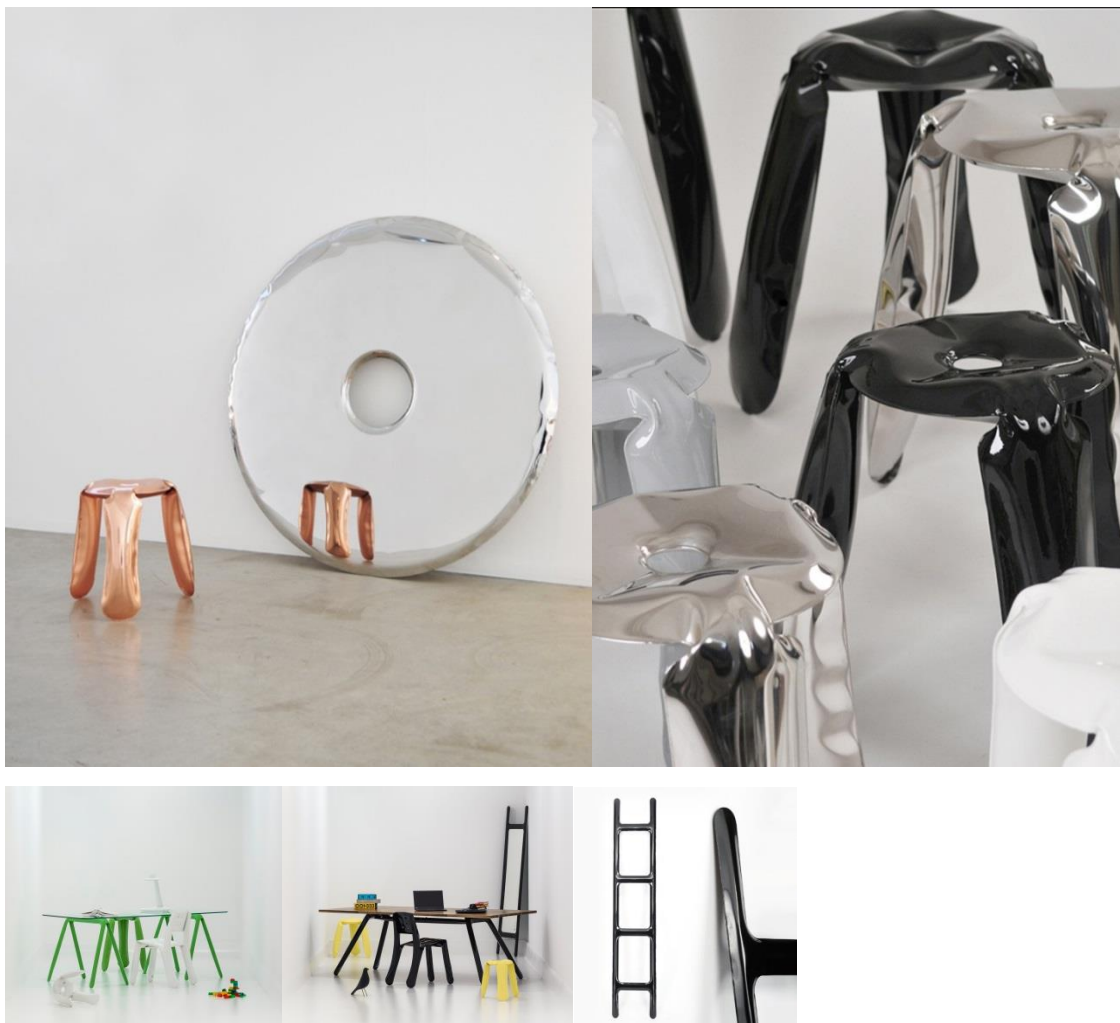
Слика 51: Пнеуматско обликовање, производња

Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,

<sup>106</sup>Technology of the future, приступљено 04.05.2016, <https://zieta.pl/fidu/>

<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>

Производне датотеке које су потребне за одређивање форме 2,5D су само неколико килобајта када почиње *контролисани губитак контроле*. Покушај да се дефинише исти коначни облик за традиционалне методе производње би захтевао неколико гигабајта података!<sup>107</sup>



Слика 52: Намештај, масовно прилагођавање

Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,

<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>

<sup>107</sup> Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 05.05.2016,

<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>



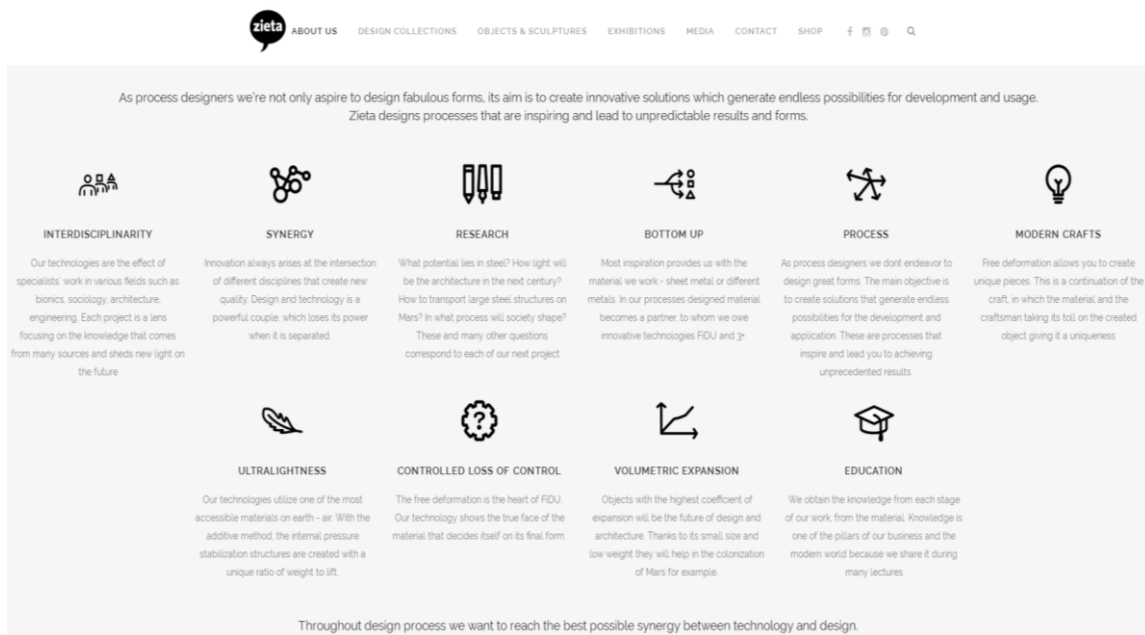
Слика 52а: Намештај, масовно прилагођавање

Извор: Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>

Зиета Процесдизајн (енгл. Zieta Processdesign) јесте мултидисциплинарни тим који укључује архитекте, дизајнере, технологе, истраживаче, трговце и филозофе. Њихов главни циљ је да пружи јединственост и прилагођавање дизајна и конструкције, имајући у виду ефикасну иновацију у производњи, транспорту и складиштењу. Током рада на ETNZ, Оскар Зиета (енгл. Оскар Зиета) и Филип Домен (енгл. Филип Дохмен) истраживали су многе технике које су стварале трајне 3D објекте од равних облика стандардног материјала. Технологија се заснива на максималном коришћењу сваког елемента. Облици челичног лима су савијени, валовити, пробијени и надувани, како би се постигла стабилност коришћења у пројектовању и архитектури.<sup>108</sup> (Слика 52 и 52а)

---

<sup>108</sup> Future Nomads, приступљено 05.05.2016, <http://www.belgradedesignweek.com/bdw-festival-in-june/dizajnpark/zieta/>



Слика 53: Идеја компаније

Извор: Zieta – Who we are, приступљено 04.05.2016,

<http://zieta.pl/who-we-are/>

Компанија је формирана на поставкама које карактеришу дигитални приступ у процесу пројектовања и реализације архитектуре: интердисциплинарност (комбиновање различитих специјалности), синергија (иновативност заједништва технологије и дизајна), истраживање потенцијала, подршка материјала, резултати процеса, савремено занатство – јединствени дизајнерски комади, мала тежина, контролисано губљење контроле – слобода форме, волуметријска експанзија као будућност, сазнање – учење од материјала, подела знања. Управо, врста овакве компаније даје потенцијалне могућности ефикасне употребе креативности архитекте.

#### Закључак – фабрикација пнеуматиком (Слика 53):

Архитекта: пројектантски захтеви, постављање кода, провера кроз дигитални модел и прототип, унапређење алата, контрола, креативност, флексибилност.

Машина: ограничење – габарит, једна врста операције.

Материјал: истраживање карактеристика материјала и крајњих могућности између односа перформанси материјала, машине и захтева.

Релација архитекта – машина: унапређује транслацију код – машински код, тестира материјал и машину – материјал под дејством машине добија контролисану слободну форму

Контрола кодирања – контрола процеса – контрола резултата – контрола алата

### 3.2.5 Индустијски роботи



Слика 54: Робот у DFAB workshop, ETHZ

Извор: DFAB About, приступљено 10.03.2009,

<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/about/index.html>

Архитекта је аутор процеса, док роботи граде архитектуру од разноврсних материјала. Померање процеса је у правцу где се напор архитектке минимализује, пошто је процес аутоматизован. Роботи су замена савршеним занатлијама детаља, који су финансијски неповољни. Занатска вештина је замењена програмирањем робота, предвиђањем појединачних изазова, контролом сваког места понаособ. Тип робота је машина која врши интеракцију преко средине, или је могуће и пројектовати машину која врши интеракцију. Целокупна комплексност програма је базирана на роботу. И анализа понашања материјала и одговор машине, као и различити ефекти, постају део роботске аутоматизације. Делови *ланца* који подразумевају финалну производњу укључују и карику груписања елемената и одржавања – увођење доминантне роботске аутоматизације.

Архитекта је на локацији присутан кроз испрограмиране роботе. Постаје тренер градитеља и машина.

Водећи се тематиком технолошке јединствености писца Рејмонда Курцвејла (енгл. Raymond Kurzweil)<sup>109</sup>, да машине поседују могућност да дозволе себи да убрзају свој развој експоненцијално, један од најраспрострањенијих аспеката је био да ће интелигентне машине пројектовати генерације моћних, још интелигентнијих машина. Међутим, иако је производња напредовала, машине још не могу да произведу своје физичке продужетке, мада се од 3D принтера очекује да у интеракцији са средином побољшавају своје делове. У целом склопу машина 3D принтери су прве машине које могу да пројектују, праве, поправљају и рециклирају делове других машина и себе саме. У последње време све су већа истраживања и употребе 3D принтера и у медицини са сличним циљем.

Међутим, по Липсону, један од разлога зашто се човек не изоставља из процеса је што би то било достизање максимума капацитета снаге технологије, а други је неодвојива потреба човека да ствара у сваком смислу, и мануелно и репродуктивно. Могућност машина да преузму те особине човека водила би ка нарушавању животног циклуса.

По Колеру, архитекте данас могу да пројектују рачунарске процесе који се заснивају на роботима (Слика 54), тако да је машина, у ствари, у интеракцији са средином на начин како он то замисли. То подразумева и узимање материјала у обзир, што је директно везано са стандардним занатским начином рада, који произлази из интеракције између машине робота и материјала.<sup>110</sup> Цртежи постају динамички и процедурални и уместо пројектовања кроз значење геометрије, пројектовање карактеристика архитектуре се врши кроз кодирање базирано на извођачким вештинама.<sup>111</sup>

По Карпи, Ле Курбизје (енгл. Le Corbusier) јесте поставио темеље идеје о машински направљеној средини. Реторички, то представља моћ архитектуре, а ми

---

<sup>109</sup> Raymond „Ray“ Kurzweil је писац, проналазач, футуриста и директор инжењерства (касније, директор техничког развоја) у компанији Гугл (енгл. Google).

<sup>110</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler and Silke Langenberg, eds. *Fabricate* (Zuerich: gta Verlag ETH, 2014), 12–21.

<sup>111</sup> Ibid. 18.

користимо технологије и налазимо форме које ове технологије чине приметним. Достизање циља је и културолошки утицај.<sup>112</sup>

Конференција *Fabricate* знатно доприноси потврдама увођења роботске аутоматизације различитих ефеката и одређених делова *ланца* који подразумевају финалну производњу, а као کاریку и монтажу, груписање (енгл. *assembly*), што је ранијих година био нерешен корак.<sup>113</sup>

Архитектама као неекспертима роботике се дозвољава учешће у изради алата и интерактивних интелигентних система. Ова промена даје улазак пројектантима у дебате како се физички и дигитални свет односи и креира свој нови медијум за разматрање интелигенције. Више није довољно да се објекат само обликује, већ је неопходно увести и његово понашање и личност. У циљу навигирања физичког света, архитекте морају да унесу форме интелигенције у простор.<sup>114</sup>

Индустријски работи ефикасно решавају више мини процеса. Управо све што су ограничења и мане појединачних машина, роботска машинерија савладава.

Данас су се архитекте, уметници и дизајнери поново приближили овој теми роботске фабрикације, али са различитим стратегијама. Уместо утопијских пројеката, као што је предлагао Архиграм, или високо специјализованих робота попут оних који су коришћени у Јапану, тренутни фокус архитектонске роботике су индустријски работи и, пре свега, роботске руке, које имају шест степена слободе и широку примену у индустрији. Оно што је за роботске руке тако интересантно за креативну индустрију је њихова мултифункционалност и њихова ниска цена: уместо потребе да се развију специјализоване машине, мултифункционална роботска рука може бити опремљена широким спектром крајњих ефектора, слично људској руци која користи различите алате.<sup>115</sup>

---

<sup>112</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler and Silke Langenberg, eds. *Fabricate* (Zuerich: gta Verlag ETH, 2014), 21

<sup>113</sup> Ibid. 69.

<sup>114</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley), 176–185.

<sup>115</sup> Sigrid Brell-Çokcan and Johannes Braumann, eds., *Rob I Arch 2012* (Wien: Springer, 2013).

Принцип *технолошке конвергенције* је посебно прикладан за индустријске роботе, који обављају велики број процеса у производњи (процеси фазних промена, процеси масовне промене, деформације, спајања, монтаже и покрета) помоћу релативно малог броја хомогених функција и операција; дефинисан је као индустријски робот који се аутоматски контролише, програмира, вишенаменски манипулатор програмиран у три или више оса, које могу бити или фиксне у месту или мобилне за употребу индустријских аутоматских апликација. Индустријски роботи се састоје од механичких руку и нумеричке контролне јединице. Покрети антропоморфних робота су слични онима људске руке, који подстиче име антропоморфни као и именовање различитих делова: нога; тело, главна структурална основа; зглоб рамена, први зглоб; рука, сегмент повезан са раменом; лакат, зглоб везан за руку; ручни зглоб, завршни зглоб (углавном опремљен са неколико степени слободе), који могу да држе неколико алата наизменично. Најчешћи антропоморфни роботи имају шест степени слободе.

Архитектонско истраживање у роботици није толико усмерено на рехабилитацију машина за архитектонску фабрикацију, већ на поновно коришћење индустријских робота као добро успостављену базу и њихово прилагођавање за архитектонске потребе кроз развој програмских интерфејсова и крајњих ефектора прилагођених потребама. Роботска фабрикација у архитектури, уметности и дизајну је еволуирала од малог, специјализованог и ексклузивног поља истраживања до велике заједнице где се роботи више не користе само за мљење или заваривање, као што су били у последњих неколико деценија, него као мултифункционалне машине које могу обављати изузетно широк спектар задатака – од замене људског рада за обављање задатака који ће бити немогући за људску руку. Нови интерфејсови, развијени од стране самих архитеката и дизајнера, омогућавају креативној индустрији да контролише робота преко уобичајеног рачунарски подржаног пројектантског (енгл. CAD) софтвера, уместо да се ослони на инжењерски фокусиране, специјализоване роботске програме. Ово прилагођавање, не само код крајњих алата – ефектора, него и код софтверског интерфејса, омогућава архитекатама и дизајнерима да превазиђу индустријски стандард роботских апликација према високо оптимизираним и прилагођеним машинама. Архитекте, уметници и дизајнери су напредовали од



тога да буду више *корисници* робота, и успешно се умрежавају као признати програмери и трендсетери у роботској производњи.

Истраживања са роботима се одвијају на свим пољима архитектуре. Она увезују целокупан процес пројектовања и производње, а заснивају се на понашању и изгледу материјала, као и могућностима и унапређењу машина.

Дигитална материјалност или материјалност дигиталног је постављање архитектуре кроз призму робота по сценарију тима Грамацио – Колер (енгл. Gramazio – Kohler).

Параметарско пројектовање узрокује губљење контроле архитеката и непостојање ауторства. Архитектонски параметри су: функција, форма, материјал и машина. То су захтеви које рачунар олакшава. Постављају се параметри пројектовања и реализације, а не само програмерски. Данас се машина и човек не такмиче међу собом, него је само потребно поставити тачан однос ствари. Машина може да уради оно што човек не може.

Суштина даљег развоја је у едукацији, алатима према пројектовању (нова машина или параметри машине за нову машину), организацији и вештинама пројектовања и кодирања.

*Акустичне опеке*, ETHZ, 2012–2014<sup>116</sup>

Пројекат *Акустичне опеке* (Слика 55) фокусиран је на роботској изради акустичног зидног система за пословне просторе. Два циља су наведена у истраживању. Прво, основна примена моћног, али до сада ретко признатог акустичног феномена дифузије звука, у изради пројектованих зидова. Друго, развој рачунарског пројектовања и фабрикацијског оквира који би омогућио производњу појединачно прилагодљивих зидова у индустријском контексту.

Док параметри везани за функционалност и материјалност зидова морају бити испитани у првој години пројекта, друга година би могла бити завршена са успешном израдом два прототипа реалних размера.

---

<sup>116</sup> Acoustic Bricks, ETH Zürich, 2012–2014, приступљено 05.05.2016,  
<http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/229.html>

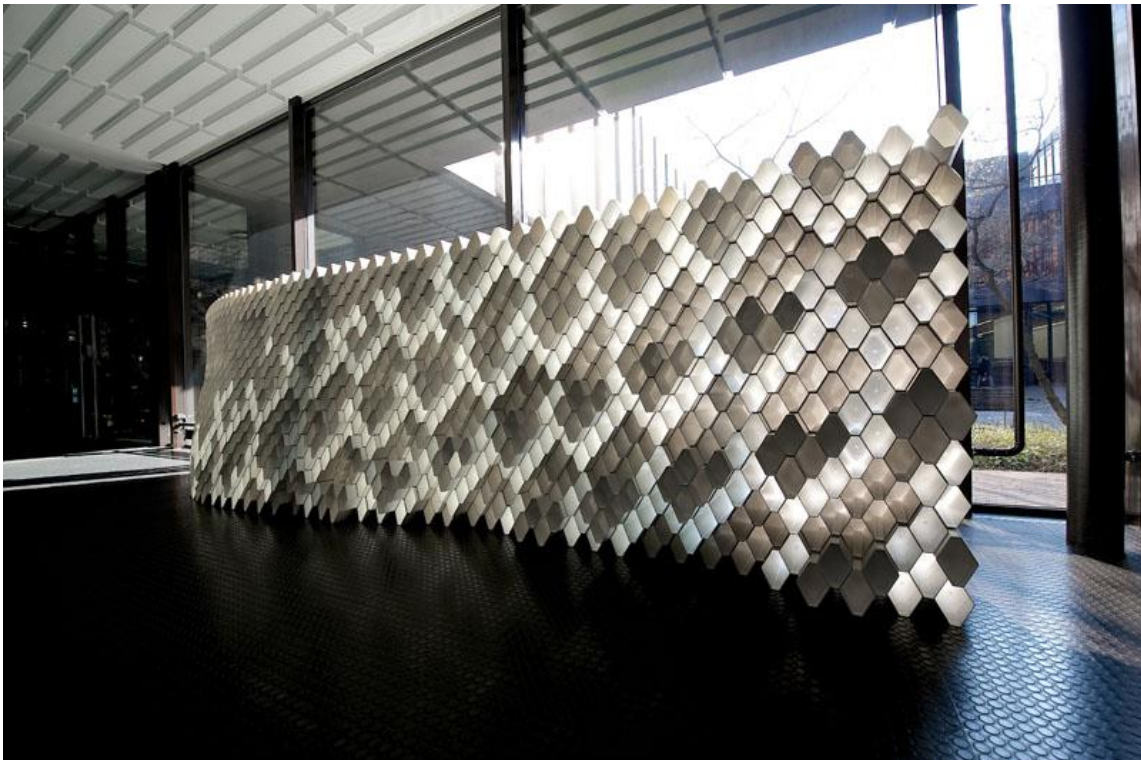
Уз помоћ ових прототипова функционалност тестиране опеке, тзв. *акустичне опеке*, укључујући и везу са процесом монтаже (Слика 56, 57), могла би бити демонстрирана. Исто тако, партнер ЕМПА (енгл. EMPA) могао би да процени претпоставке узете у почетку и да докаже да су акустични квалитети испунили очекивања.

Пројектанти: Gramazio Kohler Research, ETH Zurich.

У сарадњи са: EMPA: Kurt Eggenschwiler, Dr. Kurt Heutschi.

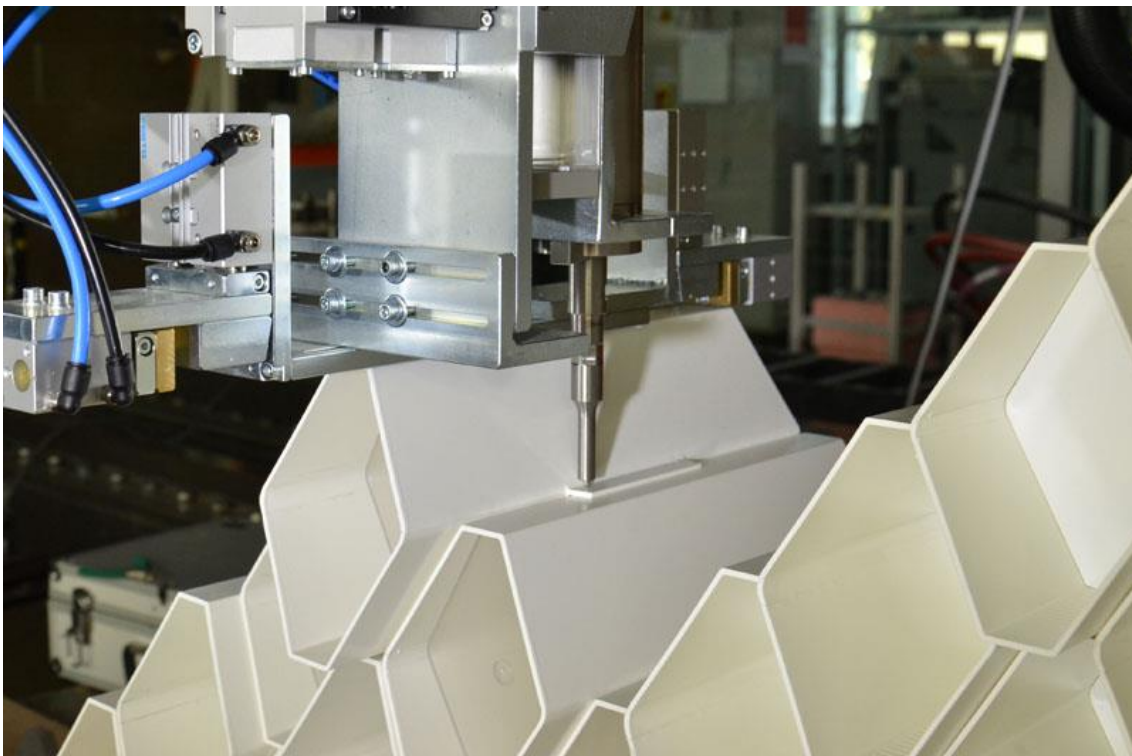
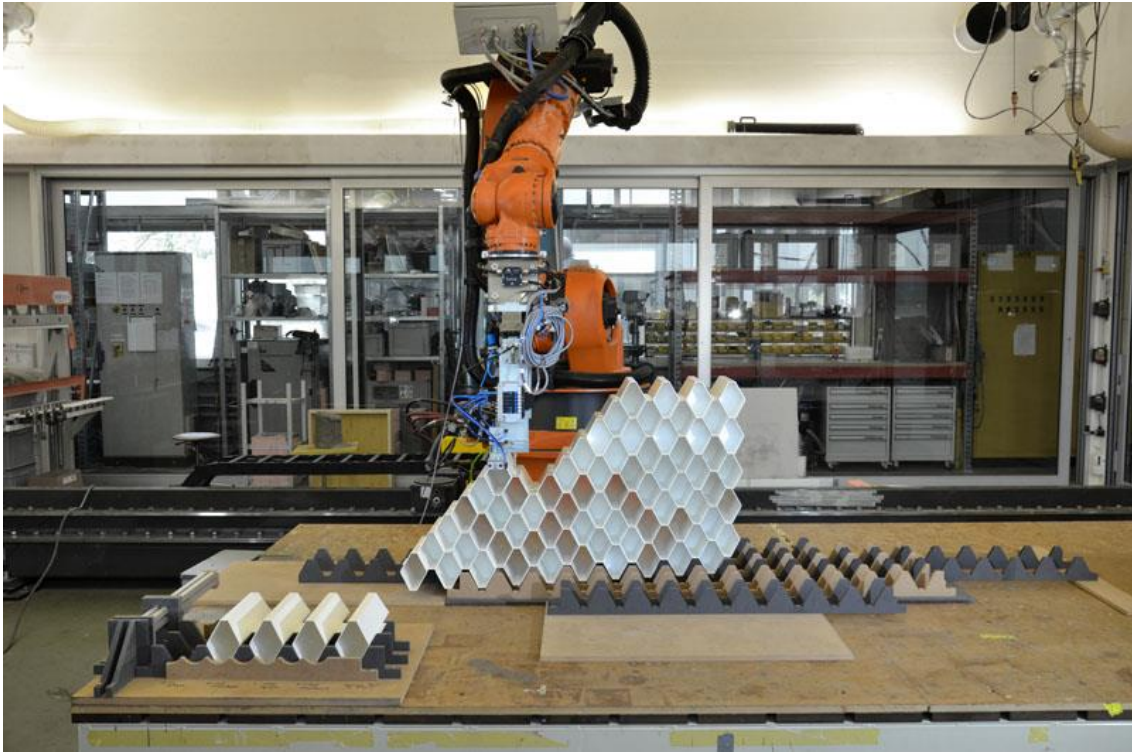
Истраживачки програм: STI research project.

Сарадници: Max Vornhof (project lead), Dr. Ralph Bärtschi, Thomas Cadalbert, Lauren Vasey, Guilherme da Silva Carvalho, Luis Gisler, David Jenny, Clemens Klein, Jürgen Strauss; Индустијски партнер: REHAU Vertriebs AG.



Слика 56: Акустичне опеке – детаљ

Извор: Acoustic Bricks, ETH Zürich, 2012–2014, приступљено 05.05.2016,  
<http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/229.html>



Слика 56 и 57: Акустичне опеке – монтажа и детаљ

Извор: Acoustic Bricks, ETH Zürich, 2012–2014, приступљено 05.05.2016,

<http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/229.html>

### *Нестандардизована фасада од опеке*

#### Пројектантски захтеви

Пројекат је реализован као наставак једног малог, али изузетно успешног винограда (Слика 57). Произвођач вина је желео нову сервисну зграду, која се састоји од велике просторије за ферментацију и прераду грожђа, подрум укопан у земљу за чување барела вина и кровну терасу за дегустацију и пријеме. Берт и Делпацес архитектура (енгл. Bearth & Deplazes Architects) урадио је пројекат и већ је био у фази изградње, када су нас позвали да пројектујемо фасаду.

Првобитни дизајн предложио је једноставан скелет од бетона испуњен опекама. Зидање делује као температурни тампон, као и филтрирање сунчеве светлости за ферментацију собе иза њега. Опеке су померене тако да дневна светлост продире у салу кроз шупљине између опека. Директна сунчева светлост која би имала штетан утицај на ферментацију је, међутим, искључена. Панели поликарбоната су постављени као заштита од ветра. На горњем спрату опеке формирају ограде на кровној тераси.

#### Реализација и функционални услови

Роботски производни метод који је развијен на ETHZ је омогућио полагање сваке од 20.000 опека управо према програмираним параметарима – под жељеним углом и са тачно прописаним интервалима. Ово нам је омогућило да се пројектује и изгради сваки зид тако да поседује жељену светлост и ваздушну пропустљивост, док се ствара шаблон који покрива целу фасаду зграде. Према углу на коме су постављене, свака опека одржава светлост другачије и на тај начин даје различите степене осветљености. Слично пикселима на екрану рачунара, оне додају препознатљиву слику и на тај начин представљају идентитет винограда. За разлику од дводимензионалног екрана, међутим, постоји драматична представа између пластичности, дубине и боје, у зависности од позиције посматрача и угла сунца.

#### Фасада (Слика 59)

Зидана фасада винограда изгледа као огромна корпа испуњена грожђем. Гледано ближе, за разлику од свог сликовног ефекта на даљину, сензуална, текстилна мекоћа зидова раствара материјалност камена. Посматрач је изненађен да се меке, округле форме заправо састоје од индивидуалних, тврдих опека.

Фасада се појављује као окамењена динамична форма, у чијој је тродимензионалној дубини око посматрача позвано да лута. У унутрашњости, дневна светлост која продире ствара благу, али блиставу атмосферу. Гледајући према светлу, пројекат постаје очигледан у својој модулацији кроз отворене празнине. То се суперпонира на слици пејзажа која трепери на различитим нивоима дефиниције према доживљеном контрасту.

#### Програмирање – Падајуће сфере

Да бисмо креирали фасаде, пројектовали смо генеративни процес. Тумачили смо бетонску конструкцију оквира од Берт и Делпацес архитектуре као корпу и напунили смо је апстрактним, предимензионисаним грођем различитих пречника. Ми смо дигитално симулирали гравитацију тако да грођје пада у ове виртуелне корпе, док је густо сложено. Онда смо посматрали резултат са све четири стране и пренели податке дигиталне слике у ротацију појединих опека. На изграђеним фасадама посетилац разоткрива гигантско, синтетичко грођје, које је било виртуелно у згради, како смо развили наш пројекат. Међутим, архитектонске импликације ове фасаде од опеке су сложеније и разноврсније од дводимензионалне слике. Људском оку, које је у стању да детектује чак и најситније разлике у боји и светлости, суптилно скретање од опеке ствара изглед и пластичност, који се стално мењају заједно са кретањем посматрача и сунца током дана.

Спојеви између опека су остали отворени да створе транспарентност и омогуће дневној светлости да уђе у зграду. Да би се шаблон приметио из унутрашњости, положили смо опеке заједно што је могуће ближе, тако да је отвор у пуном угибу скоро затворен. Ово је произвело максимални контраст између отворених и затворених спојева, што дозвољава светлости да унутрашње зидове моделује поетски.

#### Слагање опеке

Елементи зида су произведени као пилот пројекат у нашем истраживању објеката на ETHZ, превезени камионом на градилиште и инсталирани помоћу крана. Пошто је изградња већ прилично напредовала, рок је био само три месеца пре монтаже на лицу места. Ово је био изазов за производњу 72 фасадна елемента, и технолошки и у погледу рокова. Како је робот могао бити вођен директно према

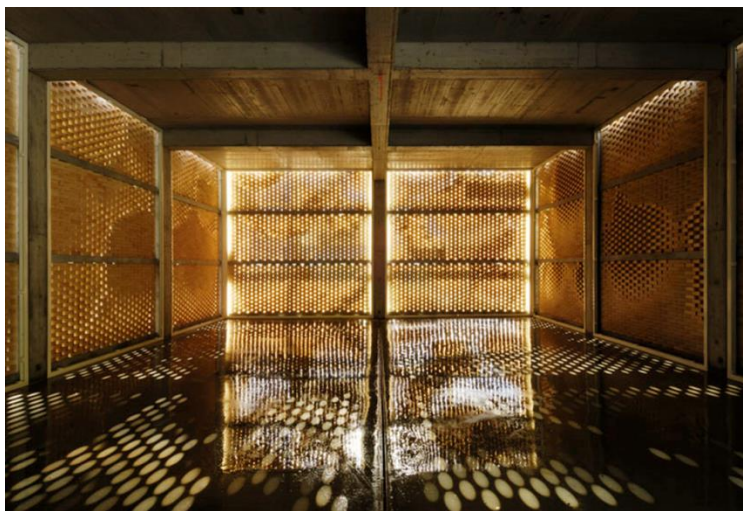
подацима пројекта, без потребе израде додатних цртежа за реализацију, били смо у могућности да радимо на пројекту фасаде до последњег минута пре почетка производње.

Да би се убрзао процес производње за 400 m<sup>2</sup> фасаде, морали смо да развијамо аутоматизовани процес за примену двокомпонентног везивног средства. Пошто свака опека има другачију ротацију, сваки опека има другачије и јединствено преклапање са опеком испод, и још једним слојем испод. Заједно са инжењером произвођача опеке основали смо метод у коме се примењују четири паралелна правца везивних средстава, за сваку циглу појединачно, у унапред дефинисаним интервалима у односу на централну осу елемента зида. Тестови тежине изведени на првим произведеним елементима открили су да је везивно средство тако структурално ефикасно, да су појачања уобичајено потребна за конвенционалне монтажне зидове непотребна.<sup>117</sup>

Пројекат: Gantenbein Vineyard Facade, Fläsch, Switzerland, 2006.

Клијент: Marta and Daniel Gantenbein.

Пројектант: Gramazio Kohler Architects, Zurich; Пројектни партнери: Bearth & Deplazes Architekten, Valentin Beath, Andrea Deplazes, Daniel Ladner, Chur/Zurich.



Слика 58: Винарија, зид од нестандардизованог слога опеке (унутрашњост)

Извор: Gantenbein Vineyard Facade, Fläsch, Switzerland, 2006, приступљено 05.05.2016, <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/52.html>

---

<sup>117</sup> Gantenbein Vineyard Facade, Fläsch, Switzerland, 2006, приступљено 05.05.2016, <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/52.html>



Слика 59: Винарија, зид од нестандардизованог слога опеке (фасада)

Извор: Gantenbein Vineyard Facade, Fläsch, Switzerland, 2006, приступљено

05.05.2016, <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/52.html>

Укључивање архитекте у процес израде завршних ефеката робота га мења и трансформише из архитекте процеса и производа у архитекту алата – даје му ефикаснију и сигурнију могућност реализације концепта и производа.

Истраживање спектра материјала се одвија у правцу сарадње са могућностима робота, као и комплексних захтева новонастајуће архитектуре.

#### Закључак – фабрикација индустријски робот

Архитекта: пројектантски захтеви, постављање кода, провера кроз дигитални модел и прототип, унапређење алата, контрола, креативност, флексибилност.

Машина: ограничење – габарит, једна врста операције .

Материјал: истраживање карактеристика материјала и крајњих могућности између односа перформанси материјала, машине и захтева.

Релација архитекта – машина: унапређује транслацију код – машински код, тестира материјал и машину.

Контрола кодирања – контрола процеса – контрола резултата – контрола алата

### **3.3 Унапређење процеса: (Не)Континуални дигитални приступ у процесу пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“**

Архитекта је навикао да размишља у сликама, у цртежима. По Богдановићу, цртеж је однос према објекту, према природи, према естетици, према нама самима. Он је енергија маште и начела идеја и концептуалне целине у иреалном склопу ка рационалним закључцима. Синтеза архитектуре обухвата филозофију грађења и стваралаштво као људски капитал. Целовита је само са целовитим градитељем који сагледава, мери и прејудицира, а у себи носи страст, емоцију, знање тренутка, спремност за учење, искуство струке и морал.

Данашња архитектура почива на умрежавању са архитектом и алатом.

Архитекта који ће креирати и стварати у будућности мора више него икад у прошлости бити тип архитекте по Витрувију, који је комбинација теоретичара неутуђеног од садашњости и живота, уметника отвореног ка технолошким



достигнућима и инжењера интегрисаног са свим осталим дисциплинама са једне стране и са друге стране, са природом:

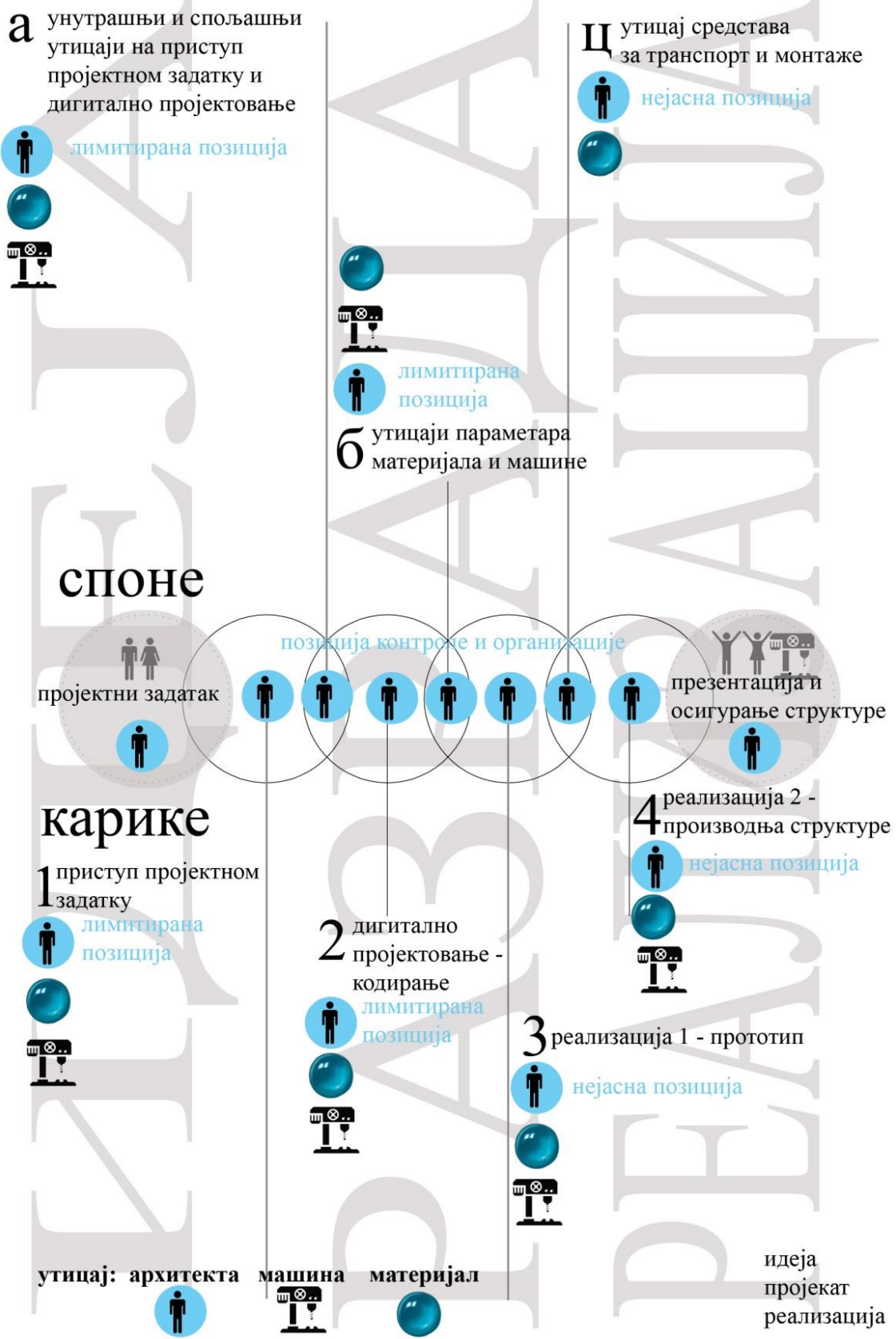
Образовање архитеката мора да се састоји из више наука и различитих знања, јер архитекта треба да оцењује и вредност дела која потичу из области других вештина. Архитектура се састоји из праксе и теорије. Пракса је способност стечена трајном вежбом. Њом се, према приложеном нацрту, гради дело рукама од било које грађе. Теорија је онај део који уме да докаже и растумачи законе готовог дела на основу закона пропорције. Зато они архитекти који су настојали да без научних студија постану вешти само у практичном раду нису могли у складу са својим напорима стећи признања. А они који су се ослањали само на теорију и на своје научно образовање изгледа да нису увек успели у послу, јер су били у неизвесности. Напротив, они који су овладали и једним и другим, као наоружани свим оружјима, брже би постизали признања за своје подухвате. Као и у свему другом, тако се и у архитектури садрже две ствари: каква ствар се приказује и шта она значи. Приказује се извештан предмет о коме је реч, тај предмет одређује облик који је изведен на основу научних закона. Из тога се види да архитекта мора знати и једно и друго, ако жели да буде признат.<sup>118</sup>

У приказу различитих CNC фабрикација показани су примери постизања циљане архитектуре фабрикацијом. Позиција архитекте је у одређеним *карикама* нејасна и лимитирана, пре свега у променама у односу на преклоп са конвенционалним *ланцем*. То су позиције увођења машина и материјала, тј. веза са алатима, где се улога пројектанта проширује, као и у редефиницији пројектовања у кодирање.

Параметри машине на почетку су и помоћ и ограничење, док је за уметност поставке параметара да не буду ограничење неопходан архитекта, као врхунски мајстор импровизације и мађионичар креације. Ово поглавље показује и знаке неопходних карактеристика и задатака архитекте дигиталне архитектуре.

---

<sup>118</sup> Витрувије, *Десет књига о архитектури* (Београд: Грађевинска књига, 2003), 12.



Слика 60: Позиције архитектке у „дигиталном ланцу“ – изазови

## ГЛАВА 4

**Експеримент – Искуство кандидата у процесу учења, пројектовања и реализације архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ кроз модуле СААД катедре, ЕТНЗ**

### **Навигациона мисао:**

*Током историје, нове технологије су старе вештине и знање чиниле сувишним. Међутим, није то увек експлицитно, тако да нове технологије не морају да замене старе. Деларош је (Paul Delaroche 1797–1856), када је видео фотографију 1839, изјавио: Од данас је сликарство мртво! Бицикли су постојали и постоје и користе се паралелно са аутомобилима, као и што се једри уз коришћење глисера и бродова. Задовољство једрења и вожње бицикла неће престати. Технологија у архитектури и грађевинарству захтева људе са креативним, интелектуалним, физичким и организационим вештинама, што је мало вероватно да се то нађе у једној особи. И немогуће је ефикасно чекати да једна особа заврши све. Комбинација или раздвајање креативних и интелектуалних могућности је са намером диференцирања инспирације и дугог пројектантског рада, који је потврда да ће процес функционисати.<sup>119</sup>*

### **Навигационе речи:**

учење, (са)знање, едукација, усавршавање, експерт, професија.

---

<sup>119</sup> Brady Peters and Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley, 2013), 130–141.

## Уводне напомене

Ово поглавље се бави редефиницијом процеса архитектуре „*дигиталног ланца*“ кроз пројектантски приступ у дискурсу мешовитог архитектонског образовања – конвенционалног и дигиталног приступа.

Даје основе развоја архитектонског сазнања на основу експеримента – феноменолошког приступа самоспознаје, тј. присуства аутора у делу, о чему говори Шумахер.<sup>120</sup> Као сваки експеримент, и овај има за циљ поставку одређеног субјекта у одређену средину и праћење понашања у односу на услове средине у коју је постављен. Представља опис изнутра, тј. доживљај и објашњење процеса из самог процеса сазнања кандидата.

Као што је већ разматрано, кључан фактор у процесу развоја и унапређења позиције архитекте је образовање архитектата у циљу развоја експерата. Аутор је прошао експеримент личног искуства у процесу учења, пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“ кроз модуле СААД катедре на ЕТНЗ. Претходно образовање аутора у том тренутку је било стандардно образовање архитектата са звањем дипломирани инжењер архитектуре Архитектонског факултета у Београду (пет година) са положеним свим испитима на постдипломским – магистарским студијама (две године) и пројектантским искуством у пракси (четири године). Дигитално знање аутора се сводило на визуелизацију простора AutoCad и 3D max, уз пратеће програме обраде са 3D моделовањем – стандардна макета.

Остали студенти курса су били архитекте са различитим претходним стандардним образовањем дипломираних архитектата из технолошки развијенијих земаља, али далеко иза ЕТНЗ, са тим да је одређени број студирао и математику и информатику уз архитектуру. Курс се састојао из модула базираних на теоретском делу предавања, која су представљала увод у практични део – пројектовање и израду. Преузимање модела оваквог образовања архитектата води ка профилима који знају систем и познају процес, пролазе језике програмирања, али не морају сви по сваку цену програмирати. Задатак архитекте „*дигиталног ланца*“ је да успостави систем рада кроз организацију дигиталног ланца.

---

<sup>120</sup> Patrik Schumacher, *The Autopoiesis of architecture* (Chichester: Wiley, 2011).

CAAD курс представља упознавање архитеката са дигиталним алатима, који се могу користити у архитектури у ове сврхе. Обука почиње увођењем у програмирање са захтевом концепта и очекивањем коришћења машина у реализацији производа. Курс је био практично теоретског типа.

База података на основу којих је формирано размишљање, и која представља базу учења аутора, налази се у архиви CAAD ETHZ.<sup>121</sup>

#### **4.1 Модули учења „дигиталног ланца“ – теоретски део**

Модули учења су се састојали од предавања предавача са искуством у дигиталном пројектовању, било да се радило о искусним архитектама или старијим колегама – полазницима курса претходних година. Први утисак је био такав да нисам знала ни о чему се ради, нити шта се од нас очекује. Предзнање сам имала о курсу визуелизације, коју је водио претходни професор, а све што сам видела на лицу места је било унапређено и потпуно другачије од свега што сам до тада учила или знала о рачунарима. Смисао архитектуре и сагледавање приступа архитекте у будућности у мојој глави су померени до граница, за које нисам знала ни да постоје. Модел учења „дигиталног ланца“ је паралелан начин упознавања са нечим новим и учењем на својим и грешкама целог тима, као и полазницима курса претходних година. Ова два извора знања се сједињавају у једно тек на крају целокупног процеса.

Резултати курсева се према истраживању своде на главне иновације, као што су:

- континуираност дидактичких и технолошка повезаност самосталних технологија и методологије,
- кратак период од шест месеци укључује 10 технологија,
- висока стопа успеха у трансферу знања упркос кратком времену,
- дубоко разумевање будућних могућности у оквиру архитектонске праксе,
- генерисање специјализованих архитеката знајући принципе и примену рачунара,

---

<sup>121</sup> MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06, приступљено 06. 05.2006,

<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/MAS0506.html>

- генерисаних на архитектонски и рачунарски заснованој производњи,
- високо мотивисани студенти,
- изврсност у раду.<sup>122</sup>

## 4.2 Модули пројектовања „дигиталног ланца“ CAAD– практични део

Улазак у дигитално пројектовање је деловао као игра, али гледавши сада, са дистанце, био је врло практичан, непосредан и без околишања. Уводно предавање се односило на радове ранијих генерација студената. Смисао пројектовања се сводио на идеју, анализу идеје у смислу проналажења главних особености концепта, затим превођења карактеристика концепта у параметре – код.

### Модул 01: Програмирање (енгл. Scripting)

Као што Боб Шејл<sup>123</sup> каже, већина архитеката који граде не праве зграде, него праве информације које праве зграде. Израда архитектуре захтева стицање знања не само у свету размене информација, него и у свету израде ствари. То је експертиза која иде изнад архитектонског цртежа и за коју се многи дизајнери не могу похвалити да је поседују или практикују.

Генерације рођене у информатичко време, тј. у доба информатичке културе имају приступ архитектури базиран на дигиталној технологији и на технолошким медијима којима производе архитектуру. Те генерације захтевају пројектантско образовање о архитектури из дигиталних лабораторија, пошто је то за њих дигитална парадигма – подразумевајућа алатка.

Овај модул упознаје са концептом програмирања. Задатак је креирање 2D или 3D интелигентних CAD објеката, али не цртежом, него описом аритметичких израза, бројева и варијабли. Почетна тачка је проналажење графичког шаблона, шеме или мустре коју је потребно анализирати и дефинисати специфичним

---

<sup>122</sup> Odilo Schoch: Applying a digital chain in teaching CAAD and CAAM. Swiss Federal Institute of Technology, Faculty of Architecture, Zurich (2005).

<sup>123</sup> Bob Sheil је архитекта и професор архитектуре и пројектовања кроз производњу, директор Бартлет школе у Лондону.

правилима композиције, а затим описивање делова од којих се састоји, корак по корак, као рецепта. Ово правило подржава концепт алгоритма, који уопштено гледано представља опис за решавање неког проблема. То су основе параметарског пројектовања, које значи везу са једним или више параметара који се мењају и дају различита решења, што је базирано на идеји уноса захтева корисника у програм, тј. код.

Алгоритам је коначан скуп добро дефинисаних упустава, заснованих на параметрима за остваривање неког задатка (захтева) задатог на почетку. Данас се тај израз углавном везује за информатику и есенцијални је за процесуирање рачунарских информација, пошто је рачунарски програм у основи алгоритам који представља процедуру за обављање посла, тј. који рачунару говори како да ради.

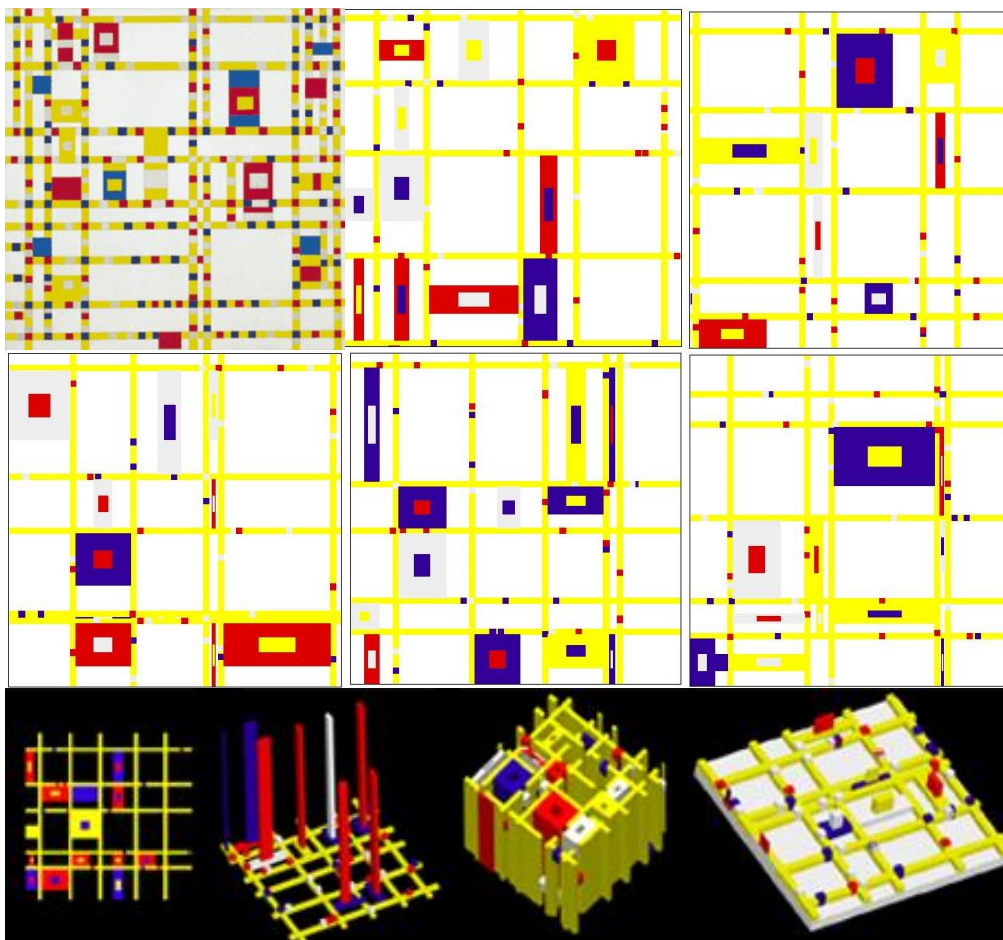
У ту сврху се дефинишу алгоритамски језици, којима се лако описују поступци решавања проблема представљени алгоритмом. Управо се други део модула односи на програмирање комплета правила у програмском језику Векторскрипту (енгл. VectorScript). Програмски језици дозвољавају дефинисање параметарски дефинисаних и интелигентних објеката, који једноставно могу бити коришћени у једном или едитовани у други програм.

Интеграција параметара се омогућава генерисањем великог броја варијанти у кратком временском интервалу. Промена вредности даје неочекиване резултате. Управо је и ова међузависност база процеса *ланца*.

У оквиру сваког модула смо имали по неколико задатака.

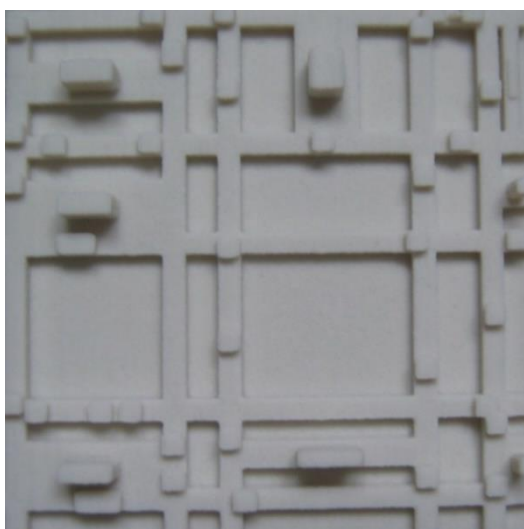
Први задатак и суштинска идеја је била да се изабере неки шаблон који ће се анализирати и из кога ће се дефинисати специфична правила композиције, што је суштина за поставку концепта на бази анализе параметара, и искодирати решење. Требало је да изаберемо свој омиљени шаблон. Аутор се бавио уметничким делом Пита Мондријана (енгл. Pit Mondrian) – сликом Буги Вуги Бродвеј (енгл. Broadway Boogie - Woogie), која у себи носи могућност разлагања на хијерархијски систем основних елемената улице, као архитектонско урбанистичког елемента. Слика је растављена на саставне делове (улице, блокове, аутомобиле, зграде), а циљ је био да се прикажу различита решења као варијације ова три елемента и слици дода и трећа димензија, као нови параметер. Код даје много различитих решења, а трећа димензија их диктира (слика 61) и штампа

модел на 3D штампачу преко испрограмираног кода (слика 62) или исцртава – сече на CNC ласерском секачу (Слика 62а).



Слика 61: Дигитални модели као решења, излази (output) програмирања

Извор: СМ.



Слика 62: Производ 3D штампача (прототип)

Извор: СМ.





Слика 62а: Производи ласерског секача  
Извор: СМ.

Још један интересантан задатак је био програмирање елемента уграђивања (енгл. plug in), креирања иконице и постављања на студентски сајт (Слика 63).



one small plug-in for cheering up, when you are sick from message "view errors"... [just DO it](#)

```
Vectorscript
PROCEDURE justDoIt;
VAR
x,y,px1,py1 : INTEGER;
r,g,b:LONGINT;
BEGIN;
x:=0;
y:=-5;
px1:=10;
py1:=5;
Line(x,y);
LineTo(px1,py1);
ColorIndexToRGB(15,r,g,b);
PenFore(r,g,b);
PenSize(50);
END;
RUN(justDoIt);
```

Слика 63: Програмирање елемента уграђивања (енгл. plug in)

Извор: СМ.

Поред овог модула као базе за кодирање, поједини задаци и програми су били различити:

**Модул 02: Превођење (енгл. Translating)** који се бавио апликацијама за обраду фотографија, тј. 3D третман 2D објеката са програмирањем у Векторскрипту (енгл. VectorScript). Третман је на анализи слике, која је промењена при скенирању у погледу гранулације, оштрине и правила трансформације слике у процесу. Почетна тачка је фотографија у формату bitmap (.bmp). Припремљени Perl-Scripts чита слику и шаље је у XML фајл. Векторскрипт (енгл. VectorScript) увози и параметризује фајл у зависности од дефинисаног склопа правила од стране корисника. Програм може бити прилагођен и промењен од стране студента. Примери се на крају материјализују CNC ласером.

**Модул 03: Конфигуратор (енгл. Configurator)** користи предности рачунара у смислу велике разноликости специфичних задатака, који брзо реагују и кажу машини шта да ради. Циљ овог задатка је интерфејс, делимично и процесни програм, који дозвољава интеракцију корисника у оквиру датог склопа параметара. Поље активности је FLASH, а програмски језик ActionScript.

**Модул 04: JAVA** је подразумевао упознавање и учење програмирања у Јава програмском језику кроз израду различитих делова програма, који могу да се накнадно користе у оквиру других програмирања и програма.

**Модул 05: Пројектовање са лимом** је истраживање изазова пројектовања са CNC фабрикацијом машинама као фокусом уз ограничење на један материјал – структуралне плоче челика. Уче се основне процедуре машина као што је ласерско сечење, притисак, обликовање, заваривање, ласерско заваривање, савијање, финализација. Модул је дао основне вештине CNC фабрикација.

Овај модул је значајан и у истраживању, пошто представља прве кораке у убацивању ваздуха (енгл. blowing) између површина метала, пошто се једноставним начином добијају употребљиви материјали (објашњено више у поглављу 3.6 Пнеуматско обликовање). Ограничење машина је истраживало крајње границе материјала и машине, посматрано у оквиру финалне завршнице производа, и управо је на томе захтеван експеримент произвео велики број проба параметара материјала и машине.

Карактеристика дигиталног пројектовања је са једне стране неизвесност комбинације параметара и резултата, а са друге стране различитост између варијанти решења.

### **4.3 Модули реализације „дигиталног ланца“ САМ – практични део**

Између дигиталног пројектовања и релизације постоје два корака – трансфер пројектантског кода ка CNC машини и израда прототипа, а затим и трансфер ка CNC машини и реализација производа. Сви кораци нису потпуно аутоматски и захтевају присуство одговорности и решења у складу са идејом, особе која зна и познаје процес. Свеобухватност образовања архитекте који води

процес је неминовна. Постављање питања увођења дигиталне технологије се више не поставља, пошто је технологија већ свеприсутна. Главно питање је да ли архитекте желе да буду присутне у новом, већ постојећем пројектантском процесу и који је прави начин њиховог суделовања. Као што је поменуто код дигиталног пројектовања, неизвесност је карактеристична и за дигиталну производњу, а првенствено за везу између пројектантског кода и кода за CNC машину. Резултат је производ великог броја итерација и избора архитекте у складу са концептом уз помоћ прототипских решења.

### **Модул 06: Брза фабрикација (енгл. Rapid fabrication)**

Овај модул се бави насталом променом у архитектури која се знатно односи на САМ окружење, које архитекти дозвољава и налаже да буде укључен и неопходан и у производњи. На овом курсу смо научили да постоји велики број машина које функционишу у 2D CNC технологији, као што су машине за сечење материјала или 3D за обраду површине материјала. То су два основна процеса у 3D фабрикацији – адитивни и редуktivни процес. У оквиру модула бавили смо се редуktivном врстом производње форми сложених површина.

Идеја модула је била да се укључе сви аспекти пројекта – естетски и технички, уз тектонске потенцијале 3Д површинске типологије у архитектури, засновани на комбинацији дигиталног моделовања, програмирања и рачунарски нумеричке контролисане (CNC) производње – у овом случају, машине за обликовање скидањем слојева материјала.

Процес се сводио на:

1. дигитално пројектовање – генерисање површине, (МАУА или други CAD),
2. превођење у G-code, (Surfcam),
3. на крају обрада комада (Precix).

Материјал за обраду је био комад стиродура димензија 500 mm · 400 mm · 70 mm (максимум). Површина је била подељена у неколико делова како би после креирања у МАУА различито биле обрађене у Surfcam, у циљу експериментисања различитим дебљинама алата и растојањем између. На тај начин се добијају различите текстуре и мустре.

Идеја овог модула је била стандардни мини „дигитални ланац“, упознавање са током и трајањем процеса: различитим програмима, машинама и преглед могућности и граница машина.

Остали модули су повезивали различите базе програмирања, пребацивања кода у код за машине и различите CNC машине (мањих димензија – прототипови), као нпр: 3D штампач, ласерски секач, машина за скидање слојева материјала – глодалица, машина за савијање цеви итд.

Целокупан практични део је пратило упознавање са различитим CNC машинама, тако што нам је на располагању била ETHZ лабораторија са машинама под називом Design lab – fab lab. За сваку машину смо добили мало упуство за употребу заједно са превођењем пројектантског кода у код машине, које смо имали на располагању у оквиру Факултета:

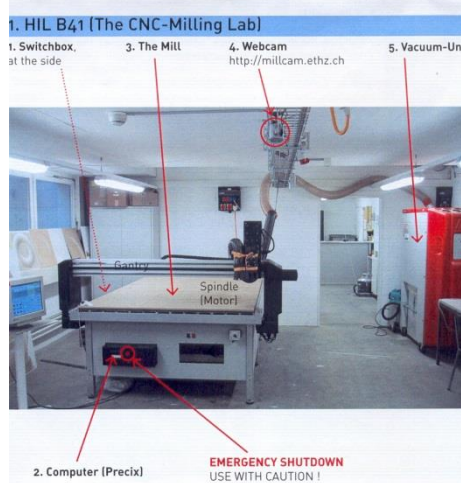
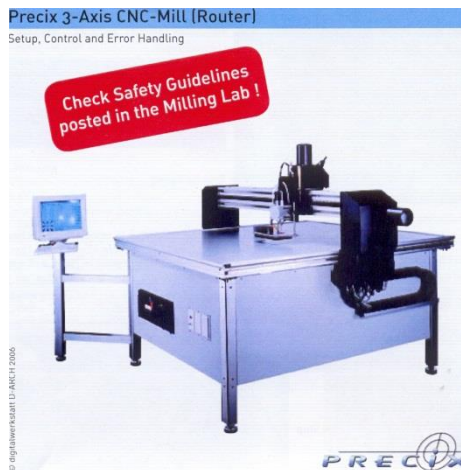
Ласерски секач (Слика 64, горе лево) основна је помоћна алатка макетара. Даје могућност употребе и обележавања или сечења различитих материјала, као што су картон, гума, клирит. Начин рада је као код класичног штампача/плотера, са том разликом да алат уместо цртања просеца или обележава материјал у зависности од употребљених параметара пера.

Цртежи су из било ког програма за цртање AutoCad, Vectorworks итд, а на машини се утврђује стил сечења на исти начин као што се припрема и стил штампања (енгл. plot style).

3D принтер је машина (Слика 64, доле десно) која нам је стално била доступна, пошто је колегиница радила студентски посао широке ванфакултетске употребе и одржавања машине. Машина се састоји из принтера и адитива, тако да припада машинама већ поменутог адитивног процеса.

Адитивни процеси често прелазе у брзо прављење прототипова, тј. грађење модела слагањем слојева материјала из пресека.

Машина за обликовање скидањем слојева материјала (Слика 64, лево) јесте машина поменутог редуктивног процеса фабрикације. Део процеса је такође превођење кода у код за машину и подешавање алата у смислу димензија, јачине притиска и брзине корака (Слика 65). Редуктивни процеси настају одузимањем површине материјала у циљу добијања модела (Слика 66).



Слика 64: Машина глодалица (лево), ласерски секач (горе десно), 3Д принтер (доле десно)

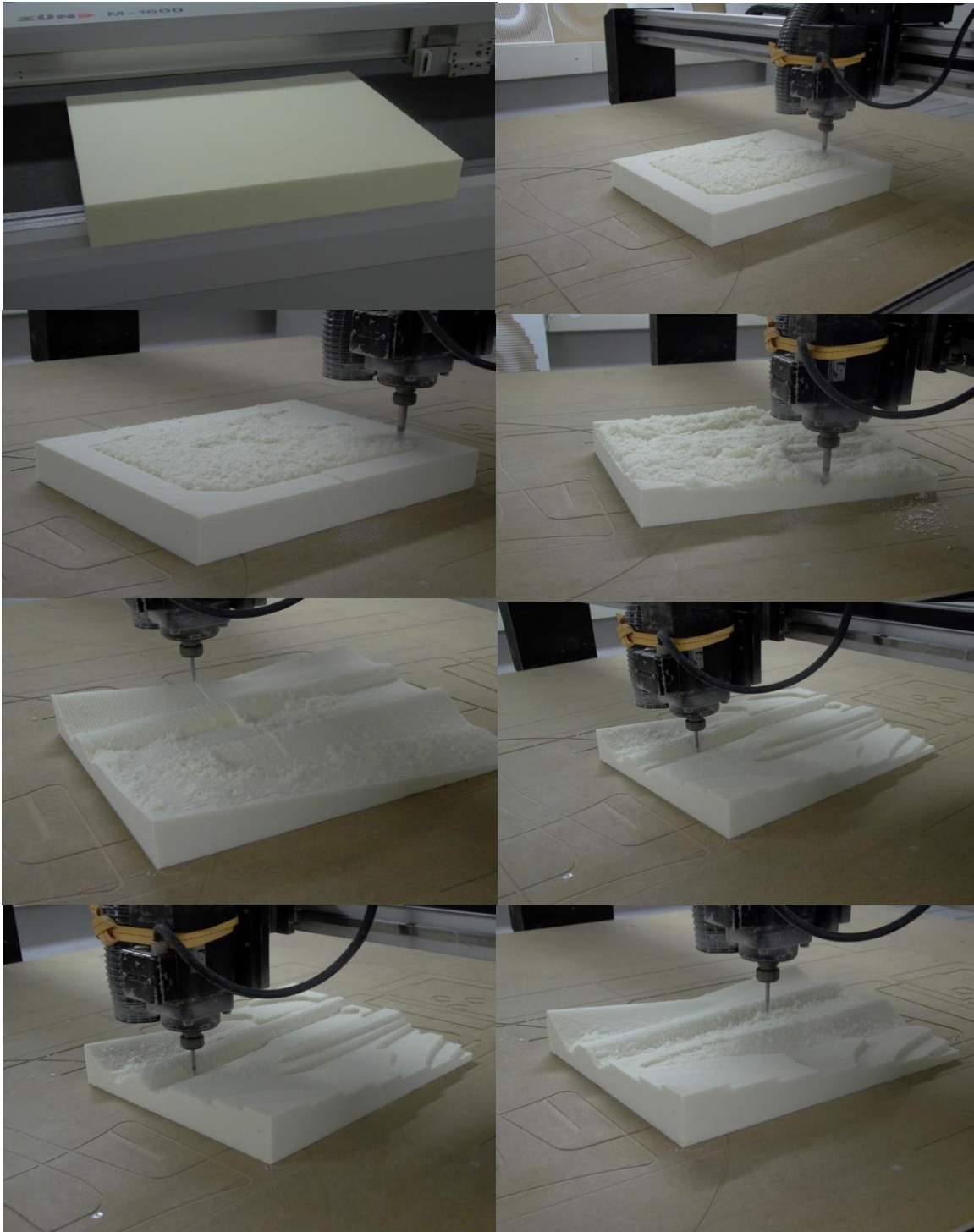
Извор: Booklets, приступљено 06.05.2016,

<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/Extern/CaadBooklets.html>



Слика 65: Производ машине глодалице и детаљ

Извор: СМ.



Слика бб: Процес машине глодалице

Извор: СМ.

Упутства за употребу машина се налазе као Прилог 2 дисертације и на интернет сајту СААД Катедре<sup>124</sup>.

Велики допринос учењу технологије у архитектури је и само директно учење употребе машина. Цео процес „*дигиталног ланца*“ носи у себи искуствено учење, практично учење. Више то није директно учење не градилишту, већ је учење од машина. Архитекте првенствено морају да прођу кроз грешке да би успели да контролишу машину и да је користе у правом смеру. Самим тим, неминовно је прављење грешака на којима се учи.

Управо тај значај сагледан је у оквиру Групне тезе, која је била крајњи допринос сазнању и заједнички пројекат, којим је наше учење „*дигиталног ланца*“ употпуњено искуством рада у тиму. При њему је савладана и потпуно нова процедура, материјал и нова машина. Могућност је добијена проналажењем и учешћем спонзора у целом процесу учења и реализације пројекта, што је уједно представљало и укључивање привреде у студенстички експериментални рад:

Проналазак потенцијалних спонзора је сачињавала листа могућих спонзора, писма, документација (препоруче, распореди, идеја-swarm, фотографије и листа референци прошлогодишњих пројеката). Крајњи продукт је био каталог за потенцијалне спонзоре.

Закључак:

Материјал: специјалан и детаљан рад у савијању. Наш спонзор је био ЈАНСЕН (енгл. JANSEN).

### **Ко је Jansen?**

Јансен је независна компанија позиционирана у Обериту у Швајцарској (Oberriet, Switzerland). Основана је 1923 и данас запошљава 750 људи. Компанија има импресивну историју развоја производа од челика, пластике и алуминијума, што се наставило и у текућој ери високе технологије. Године 1998. Јансен почиње производњу у немачком граду Дингелштету (Dingelstädt), у најмодернијој ризници челичних цеви у Европи.

Машине: само неколико компанија се бави производњом машина за савијање цеви. Једна од њих је МЕВАГ (енгл. MEWAG) у Ементалу, који је био наш избор.

---

<sup>124</sup>Booklets, приступљено 06.05.2016,

(<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/Extern/CaadBooklets.html>)



### **Ко је Mewag?**

Више од 150 година запослени у породичној компанији Фредерика Штајмера (Frederic Steimer) постављали су темеље данашње компаније. Фабрика машина Меваг у Ементалу у Швајцарској (Emmental, Switzerland) пројектује и производи додатне и брзе машине за савијање цеви и профила и дистрибуира их широм света. Од 1955. године, Меваг је специјализован за производњу машина за савијање цеви. Висока вредност је усмерена у правцу развоја нових метода савијања и модерној једноставности управљања.<sup>125</sup>

Посебан утисак је посматрање и понашање појединца у тиму и у „*дигиталном ланцу*“. Задатак је био да испројектујемо и направимо павиљон који смо радили и који је обухватао све делове „*дигиталног ланца*“, са циљем конкретног производа – павиљона. Почетак је представљало проналажење спонзора за материјал и машину, као и добијање упутства и машине на коришћење док траје израда. Идеја је била да павиљон буде од цеви, направљен помоћу машине за савијање цеви и испројектован са три приступа кодирању кроз проверу прототипа. У оквиру групне тезе су посебно сагледани кораци неопходности учешћа човека – архитекте у „*дигиталном ланцу*“. Сваки корак на коме смо били суочени са проблемима су управо били решени захваљујући особеним карактеристикама архитекте, као што су: флексибилност, креативност, комуникација и експертиза, као и колаборативност рада у тиму.

Током истраживања на ЕТН Цирих, кандидат је добио могућност и да посети Студио виртуелне реалности (енгл. virtual reality – VR) на Високој школи за дизајн и уметност у Аргау (нем. Fachhochschule Aargau, Gestaltung und Kunst) у оквиру Катедре за пројектовање интерфејса. Виртуелна реалност се сматра још једним нивоом провере решења као неконкретне 3D реалности (Слика 67).

Даље интересовање кандидата је допринело изради Магистарске тезе, која је представљала резултат истраживања о сазнањима о „*дигиталном ланцу*“:

Наш мотив је објашњење компоненти „*дигиталног ланца*“ у пројектовању и реализацији архитектуре и доказ о томе да „*дигитални ланац*“ није линеарни

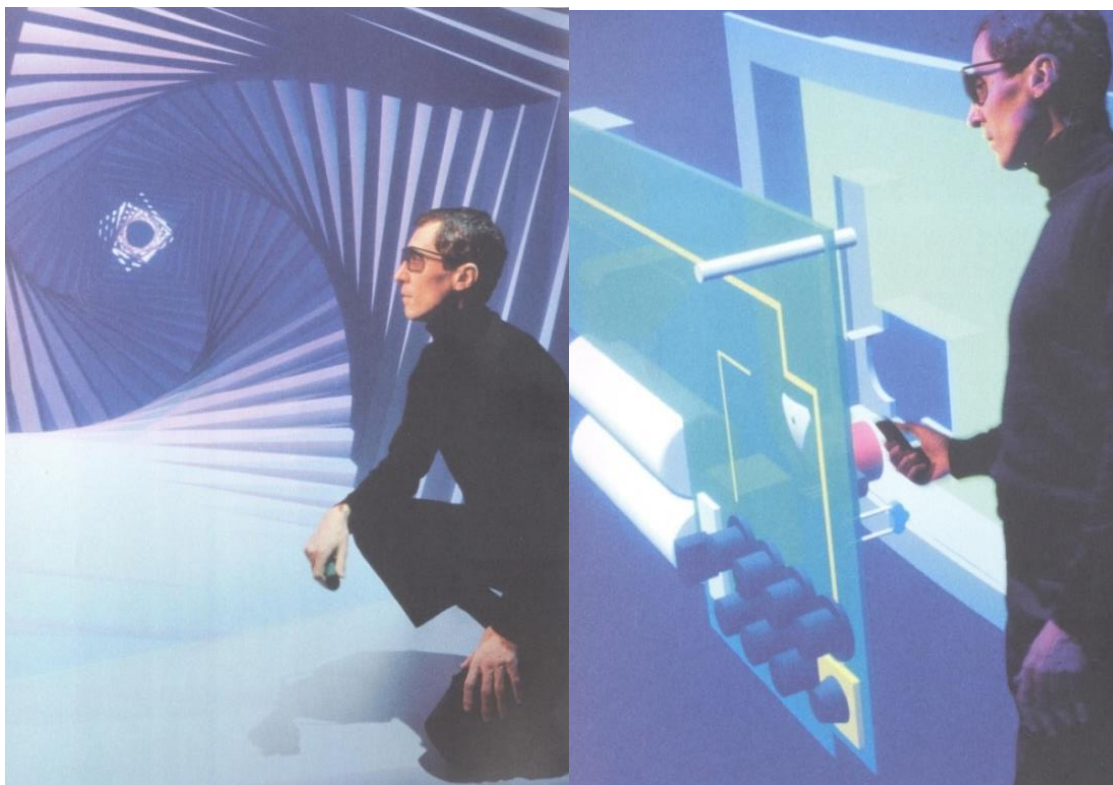
---

<sup>125</sup> Слађана Марковић, „Процес дигиталног ланца у пројектовању и реализацији архитектуре“ (магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009), 149–150.

процес. Потребно је рећи да су карике појединачне компоненте, које формирају овај процес, а везе међу њима су споне. Ове компоненте поседују уобичајена имена, али у вези са „дигиталним ланцем“ посебно су објашњене и окарактерисане.

...

Допринос овог магистарског рада је у томе што је то прва свеобухватна студија ове теме. *Истраживачке карте* из каталога референтних полазишта „дигиталног ланца“ које су израђене као део ове тезе, заједно су са практичним примером СААД Групне Мастер тезе 2005/06 главни извор магистарске тезе и доказа хипотезе.<sup>126</sup>



Слика 67: Виртуелна реалност

Извор: Fachhochschule Aargau Nordwestschweiz – Gestaltung und Kunst, *Fachgruppe Interface design Virtual Reality Studio*, 2005.

Закључно размишљање употребе „дигиталног ланца“ јесте да у истраживањима обухвата делове реализација великих размера или реализације

---

<sup>126</sup> Слађана Марковић, „Процес дигиталног ланца у пројектовању и релизацији архитектуре“ (магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009), 6–7.

експерименталног рада са одређеним материјалима и машинама. Управо се у овом делу сагледава колико је важан пролазак будућег архитекте кроз овакав начин пројектовања, пошто га навикава на идеју да је процес битан колико и производ, пошто он и постаје архитекта процеса, који мора да сагледа директну производњу производа – алат. Такође, суочавање са сваким новим пројектом као са експериментом је неопходност коју технологија са собом ланчано носи. Обавезне новине у технологији су саставни део пројектовања и реализације, које или постоје са новим пројектом или архитекта сам мора да приступи и пројектовању унапређења апликације или машине, неопходне за реализацију идеје (Слика 68).

„Дигитални ланац“ као приступ сам по себи има карактеристике експеримента<sup>127</sup> – скуп параметара, који се постављају у вештачки контекст – изабрано окружење, који стварају више решења и проверавају кроз прототип, па по потреби захтева, враћају на почетак, мењају и изнова тестирају у новом окружењу.

Свеобухватност образовања и пратећих знања неопходних за архитекту који се бави једним делом посла у дигиталној архитектури (Слика 68).

Марк Бери недоумице архитеката у вези са учењем кодирања објашњава постављањем следећих питања:

Програмирати, кодирати, скриптовати, позајмити, умрежити или избегавати?

Овде је листа смерница за коју мислим да ће помоћи иницијатору да избегне потрошњу много сати учења програма или језика који се на крају покаже као погрешан:

1. Слушати шта вам ваши најближи сарадници, колеге и наставници кажу, али увек гледати иза њих. Врло је лако преобратити неког у оно што он зна, и научити вас шта он зна,
2. Успоставите осећај сопствених способности. Ако налазите учење и вежбање достижним (напомена да је само један од мојих 30-плус дописника мислио да кодирање ништавна вештина), размотрите учење генеричких језика за кодирање пре конкретног језика везаног за посебан софтвер,
3. Ако се утврди да сте надарени, онда напишите свој код,
4. Будите великодушни – поделите радије него што бисте покушали да сакријете свој код,

---

<sup>127</sup> Експеримент, приступљено 06.05.2016, <https://sr.wikipedia.org/sr/Експеримент>

5. Припазите на будућност ... вероватно најбоље урадити разматрајући прошлост мало ближе,
6. Немојте бити роб технике, претходно упакованих алгоритама, копираних кодова, осим ако радите са нечијим претходним знањем, које тачно одговара вашем приступу. Оставите учење матичног чим је то могуће или ризикујте и будите клон,
7. Сарађујте,
8. Најважније од свега: брусите своје вештине критичког просуђивања, погледајте шта сте постигли као да се гледате у огледалу. Да ли видите себе (интелектуално) у свом послу, или само као допринос анонимних осталих? Или, још важније, разрешити све значајно у 21. веку.<sup>128</sup>

**EVENTSCAPE INC.**

**CUSTOM ARCHITECTURAL FABRICATION**

HOME ABOUT PORTFOLIO NEWS CAREERS CONTACT

**CAREERS**

| DATE       | JOB TITLE            | PARAMETRIC MODELLER   |
|------------|----------------------|---|
| 14/03/2016 | PARAMETRIC MODELLER  | <p><b>DESCRIPTION</b></p> <p>We have an exciting opportunity for a Parametric Modeller to join our research and development team. This role will explore nature's existing shapes and geometries and translate that into architectural systems that will redefine our approach to built environments.</p> <p>The ideal candidate will be an expert at parametric modelling and also have the talent to transform their creative ideas into feasible and tangible solutions. Passion and knowledge in architecture and having an insatiable drive to understand how things are built is not only encouraged, but necessary to succeed in this creative role.</p> <p><b>PRIMARY RESPONSIBILITIES:</b></p> <p><b>EXPERIENCE GUIDELINES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Master experience with Rhino, Grasshopper, and Revit</li> <li>• Experience with Solidworks an asset</li> <li>• Practical experience with custom fabrication</li> <li>• In-depth knowledge of modern building materials</li> <li>• Has the drive to experiment with progressive building/design methods</li> </ul> <p><b>HOW TO APPLY:</b></p> <p>Posting will be removed once position has been filled.</p> <p>If you are interested in joining our dynamic team, please send your resume to <a href="mailto:careers@eventscape.net">careers@eventscape.net</a> or fax to 416-231-7225.</p> |
| 01/03/2016 | ACCOUNTING ASSISTANT |   |
| 25/01/2016 | SR. PROJECT MANAGER  |   |
| 25/01/2016 | LEAD INSTALLER       |   |
| 22/01/2016 | FINISH CARPENTERS    |   |
| 19/01/2016 | DIGITAL FABRICATOR   |   |
| 28/12/2015 | ARCHITECTURAL SALES  |   |
| 12/11/2015 | SR. PROJECT DESIGNER |   |

Слика 68: Оглас за посао – профил будућег архитекте

Извор: Careers, приступљено 06.05.2016, [http://eventscape.net/index.php/contact\\_/career](http://eventscape.net/index.php/contact_/career)

<sup>128</sup> Mark Burry, Scripting culture (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 086–088.

## ГЛАВА 5

### Интервју – Искуства архитеката – учесника у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“

#### Навигационе мисли:

Нада лежи у сновима, у машти и у храбрости оних који се усуде да спроведу снове у реалност. (енгл. *Hope lies in dreams, in imagination and in courage of those who dear to make dreams into reality.*)

Џонас Солк (енгл. Jonas Salk)

Технологија је реч, која описује нешто што још не функционише. (енгл. *Technology is a word that describes something that doesn't work yet.*)

Даглас Адамс (енгл. Douglas Adams)

#### Навигационе речи:

Архитекта или инжењер, стратегија

## Уводне напомене

Ова дисертација се заснива на снажном домену пројектантског односа у сваком смислу како према алату и процесу тако и према архитектури, и то засновано на односу форме, захтева и понашања архитектуре преко контроле и одлука архитекте. Експертиза архитекте, заснована на искуству у архитектонској пракси, образовању и перманентном учењу, јесте основа.

Базирано на Тороха<sup>129</sup>, који је веровао да би структура требало да прати личност свог пројектанта, интервјуишемо групу архитеката који се у оквиру дигиталне архитектуре истичу својим пројектантским ставом или тренутно доминирају архитектонском сценом према мишљењу кандидата и на основу студираних пројеката у Глави 3.

### 5.1 Основа за интервју

Интервју је формиран на основу питања произашлих из експерименталног тестирања у оквиру претходних глава – преклапања дигиталног и конвенционалног архитектонског *ланца*, као и студија алата, архитектонских примера из праксе и искуства двојне едукације кандидата.

Архитектонски утицај у процесу „*дигиталног ланца*“ различитих начина фабрикације се најбоље може увидети анкетирањем архитеката који имају искуства у дигиталној архитектонској пракси, и самим тим су учесници процеса пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“. Суштински ривалитет у дигиталној архитектури се своди на стандардно питање да ли је нови процес својствен архитектама или инжењерима, са тим да одговор не мора бити искључив. Међу кључним питањима су: утицај на архитектуру већих размера, утицај иновација и истраживања материјала и промена сензибилитета и метода који ће утицати на културу пројектовања и грађења.

Знање дигиталне технологије и оперативност се споро шире међу архитектама. Потребни су експерти да реше проблеме трансформисања

---

<sup>129</sup> Eduardo Torroja, шпански грађевински инжењер.

дигиталног модела у грађевинску реалност. Неопходно је уврстити дигиталне технике на сам почетак, у процес пројектовања. Реакција архитеката је увек неочекивана по овом питању.<sup>130</sup>

Базична питања за архитекте су увезана са линијом конвенционалног *ланца* по више критеријума и променама везаним са тим поставкама према Лоусоновом моделу анализа евалуација – синтеза, поменутом у првој глави, као безвременом моделу архитектонског процеса.

Првенствено се приступ пројектовању базира на пројектантским активностима: формулацији проблема – идентификацији и кадрирању, фокусирању; репрезентацији – разговор са презентацијом; покрету – покрети интерпретације и развоја; евалуацији – субјективна и објективна евалуација и управљању – рефлексивна на акцију, брифинг – информисаност је континуални процес са паралелним линијама различитих мисли.

Нивои пројектантских активности су: пројекат – ток, извори потреба, временска дистанца, истраживање и остале карактеристике, процес – методи и начини рада, пракса и професија.

Други приступ је преко већ поменутог пројектовања базираног на конвенцијама – стандарди и правила пројектовања базираног на ситуацији – импровизација и стратегијски базирано пројектовање.

Кључна питања су везана за континуитет идеје, архитеката и архитектуре у процесу, за различите носиоце процеса, базирана на категоријама и навигационим речима, мислима и темама поглавља дисертације, произашлих из студија – примера архитектуре, а пре свега преклапања конвенционалног приступа и приступа „дигиталног ланца“. Тренутна позиција „дигиталног ланца“ није континуална и захтева људски фактор – архитекту, управо у унапређењу сваке *карике, споне* и континуалности, што води баш ка унапређењу људског фактора. Неопходне позиције архитектке, уопштено гледајући су:

1. идеја – концепт,
2. кодирање,
3. организација,

---

<sup>130</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 6–7.

#### 4. контрола.

Следећи делови су угрожени:

1. концепт – технологија дозвољава, олакшава и омогућава различите симулације на материјалу или у процесу, без стандардних – мануелних експеримената,
2. кодирање,
3. надоградња процеса,
4. трансфер код – прототип и код – машина,
5. симулација – прототип *versus* реализација,
6. контрола, неочекиване околности у реализацији.

Комбинација *ланаца* – фабрикација и машина је неопходна у комплетирању целокупног објекта. Сваки *ланац* је део кодирања – мини програм, тј. мини пројекат, и представља слој целог пројекта.

Особине машина и материјала, њихове могућности и ограничења утичу и на неопходност позиције архитектке и у овом делу.

На основу студија 3. и 4. главе постављају се питања, која би дала основе за закључке на основу искуственог бављења тематиком у смислу процеса позиционирања субјекта – архитектке у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“.

Анкета захтева одговоре на основу личног мишљења, искуства или једноставно кључних речи:

1. Како, зашто и где је архитекта неопходан у пројектовању и реализацији дигиталне архитектуре – принцип повезаног кодираног пројектовања и CNC реализације („*дигитални ланац*“)?
2. Шта подразумева дигитално образовање будућих архитеката данас, део образовања или учење кроз рад (енгл. *knowing by doing*)?
3. Да ли је и зашто неопходно да се архитектке упусте у авантуру кодирања и да ли кодирање унапређује пројектовање и реализацију архитектуре?
4. Најбитније професионалне особине архитектонске личности данас и у будућности?
5. Да ли контролисано програмирање унапређује архитектуру?
6. Дигитална технологија у архитектури и минимализам у форми?



7. Неопходности и разлике по питању архитекте у дигиталном пројектовању и реализацији архитектуре у поређењу са конвенционалним архитектонским ланцем?
8. Позиционирање архитекте у пројектовању и реализацији архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ – позиција или неопходна врста активности и особности?
9. Како архитекта данас, у смислу идеје и контроле реализације и организације процеса, чува себе као неког ко је једини у могућности да произведе идеју?
11. Како се препознаје креативност у „дигиталном ланцу“, као кодираном архитектонском процесу пројектовања и реализације?
12. Зашто је неопходна флексибилност у кодираном архитектонском процесу пројектовања и реализације?
13. Шта је надоградња дигиталног процеса?
14. Експеримент као приступ пројектовању?

Закључно, анкета даје лексикон карактеристика конвенционалног ланца *versus* „дигитални ланац“ пројектовања и реализације архитектуре, као и осећај присуства изазова за архитекте у сваком кораку, као и стратегије унапређења неконтинуитета и ограничење процеса идеја – реализација уз решење „дигиталног јаза“ и образовања будућих архитеката.

Интервјуисане су архитекте чији је избор базиран на двојној природи њихове архитектонске личности, као и на искуству и учествовању у дигиталном архитектонском пројектовању и пракси са архитектонским приступом. Питани о суштинским карактеристикама архитеката у будућности у пројектовању и реализацији архитектуре по принципу „дигиталног ланца“, дали су своје мишљење, искуства или кључне речи о овој тематици у оквиру публикација са конференција и различитих књига. Овде су делом приказани одговори, који представљају колекцију њихових теоретских мисли и постулата њихове архитектонске праксе и предавања, као комбиновани одговори на претходно формиран скуп питања, а делом су и директни одговори појединих архитеката на постављена питања.

Листа архитеката са позивним референцама одговора је следећа:

Fabio Gramatio & Matthias Kohler, Silke Langenberg, едс. *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014);

Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011);

Mario Carpo, *Digital turn in architecture 1992-2012* (London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2012), *Fabricate*;

Robert Aish, *Inside smart geometries*, *Fabricate*, *Scripting sculpture*;

Anchim Menges, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014).

## 5.2 Интервју и одговори

1. Како, зашто и где је архитекта неопходан у пројектовању и реализацији дигиталне архитектуре – принцип повезаног кодираног пројектовања и CNC реализације („дигитални ланац“)?

Нематеријално присуство архитекте кроз пројектовање и реагујуће роботско понашање не ствара поново улогу архитекте у хуманистичком, албертијанском, модерном смислу појма, него га поставља за главног градитеља, неког ко мора да буде на локацији. И у том смислу то је градња као израда, не израда цртежа пројекције тога, него тренирање тимова и техничких агената или машинерије.<sup>131</sup>

(Mario Carpo)

Уместо пројектовања кроз смисао геометрије, пројектујемо карактеристике кућа кроз вешто конструктивно кодирање.<sup>132</sup>

(Matthias Kohler)

Мислимо о процесу материјализације, коју у архитектури тежимо да зовемо фабрикацијом, производњом, конструкцијом итд., као интегралним делом експлоративног процеса пројектовања.<sup>133</sup>

(Achim Menges)

У додатку су други аспекти, веома битни за мултидисциплинарна истраживања. Ако мислите да радите у интердисциплинарној поставци, морате да донесете у

---

<sup>131</sup> Fabio Gramatio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 18.

<sup>132</sup> Ibid. 18.

<sup>133</sup> Ibid. 161.

дисциплину специфичну компетентност – важно је разумети да архитекте доносе други начин пројектантског размишљања у пројекат, него друге дисциплине. То је умерење различитих перспектива, које воде нечему што ниједна индивидуална дисциплина није пронашла.<sup>134</sup> (Achim Menges)

Општа улога архитекте је да обезбеди креативну синтезу различитих услова у оквиру ограничења и потенцијала пројектног задатка. Ово се односи и на дигитални домен, при чему архитекта вероватно неће заменити стручњака, али ће бити одговоран за концепт и сигуран да ће концепт остати смислен у архитектонском смислу током његовог развоја. Због тога је потребно да архитекта добро разуме дигиталне технике, концептуално и технички гледано.

(Fabio Gramazio)

## 2. Шта подразумева дигитално образовање будућих архитеката данас, део образовања или учење кроз рад (енгл. knowing by doing)?

Не треба поновити грешке из деведесетих, када се учило цртање у САД-у. Они који желе да уче програмирање у архитектури требало би да буду едуковани од стране пројектаната програмера, а не информатичара.<sup>135</sup> (Mark Burry)

Мислим да би архитекта требало да буде свестран довољно и способан да прича ове језике (инжењерија, математика и рачунарске науке), да може да користи технике и технологије са одређеним степеном вичности и да има ефикасно разумевање основних концепата. На крају, то захтева дисциплинарно специфично пројектантско размишљање о архитектури, које би у себи требало да буде поново промишљено да би било потпуно могуће креативно ангажовање у мултидисциплинарности. То је дефинитивно потребно даље истражити и огроман је изазов за образовање.<sup>136</sup> (Achim Menges)

Оно што је за студенте много важније од механике кодирања је да буду у стању да мисле алгоритамски. Једно питање може бити – да ли се то учи у средњој школи

---

<sup>134</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 165.

<sup>135</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 48.

<sup>136</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 165.

или на универзитету? Онда бисмо могли размотрити следећа питања о томе да ли алгоритамске мисли треба учити апстрактно или примењено на специфичан предмет (од интереса за ученика)? Због тога се повезивање алгоритамског размишљања са темом архитектуре може да учини атрактивнијим за неке студенте, који можда нису одреаговали на апстрактне форме.<sup>137</sup>

*(Robert Aish)*

Важно је и једно и друго. У образовању, студенти треба да буду упознати са могућностима и потенцијалима дигиталних пројектантских техника како би били сигурни да могу да владају њима. Пракса је онда учење кроз рад на примењеним пројектима.

*(Fabio Gramazio)*

3. Да ли је и зашто неопходно да се архитекте упусте у авантуру кодирања и да ли кодирање унапређује пројектовање и реализацију архитектуре?

Уколико је главни архитекта који надгледа програмирања лидерски настројен, постоји опасност да пројекат стално остане у истом маниру и на истом нивоу, без освежавања идеје новим.

Уколико програмер није пројектант у основи, својим дестилованим знањем ствара логичну процедуру, фундаменталном анализом ситуације и услова, осим ако пројектант у тиму није навикао да уради креативну синтезу предложене логике.

Варијација друге сарадње је могућа уколико постоји симбиоза између пројектанта и програмера. Пројектант је бивши програмер, са искуством и својом програмерском стратегијом у логичној бази. Програмер је делимично свестан пројекта и не закључава код предефинисаним производом (outcome). То је савршено партнерство, али несвакидашње.

Аутоматски успех је загарантован интелектуалним партнерством под изјавом *талентовани пројектант тражи програмера бистре главе*. То је примењено у мојој архитектонској пракси и иницијално у пројектантском истраживању и подучавању програмирања са продуктивношћу и истраживањем два посебна приступа.<sup>138</sup>

*(Mark Burry)*

У вези са коришћењем алата за оптимизацију... дуго смо избегавали ту мисао, док нисмо поверовали да можемо да достигнемо ниво *услова равнотеже* свих

---

<sup>137</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 44.

<sup>138</sup> Ibid. 35.

улазних пројектантских критеријума који могу да буду реферисани као оптимум.<sup>139</sup>

(*Achim Menges*)

Језици ће постати више компактни, изражајни и разумљиви. Након периода у коме се ментални напор фокусира на коду може да омета фокус пројектанта на проблем пројектовања, кодирање ће постати више природно, више интегрисано у процес пројектовања, а мање одвраћање.<sup>140</sup> (*Robert Aish*)

На ово питање се не може одговорити на јасан начин, пошто су дигитални алати само нови снажан ресурс у рукама пројектаната и квалитетних и значајних резултата, као и уопште у домену дизајна, више зависе од строгости и концептуалне снаге него од техничких детаља. (*Fabio Gramazio*)

#### 4. Најбитније професионалне особине архитектонске личности данас и у будућности?

Дизајнер који жели да буде потпуно под контролом резултата мора бити у контроли процеса. Да би имао контролу процеса, пројектант мора имати контролу алата. Алати су прорачун, дакле пројектант који жели да све буде под контролом мора бити и програмер (или пати од последица невидљивог утицаја употребе туђих алата).<sup>141</sup>

(*Robert Aish*)

Архитекте ће пројектовати понашање и реакцију машина. Чак неће морати ни да буду на локацији, већ само виртуелно присутни кроз робота.<sup>142</sup> (*Matthias Kohler*)

Као што је већ речено у претходним одговорима, ми мислимо да је правилно разумевање дигиталних техника предуслов за његову примену у пројектовању. Ако желите да радикализујете концепт, можете да мислите о архитекти у

---

<sup>139</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 158.

<sup>140</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 63.

<sup>141</sup> Ibid. 69.

<sup>142</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 17.

будућности, који није у могућности да користи дигиталне алате као о архитекти данас који није у могућности да црта...

(*Fabio Gramazio*)

## 5. Да ли контролисано програмирање унапређује архитектуру?

Пројектант који познаје програмирање, чак и ако му је склон, теже и спорије програмира сам него у тиму, а да не помињемо ако не користи делове већ постојећих програмирања или програма за одређене делове проблема. Удаљавање од програмирања омогућава боље сагледавање пројектантског проблема и сам процес програмирања. А сами програмери који пишу код у проблем улазе довољно дубоко и детаљно, и уз надзор и сарадњу са архитектама и рачунарским и софтверским сарадницима остварују велики допринос у архитектонском пројекту. Неопходно је да архитекта прође процес програмирања и повећа културу програмирања искуством, како би могао да сарађује са програмером који пише код.

(*Mark Burry*)

Користимо положај рачунара као интерфејс близак материјалу у архитектури, који нам дозвољава да ангажујемо материјалност и материјализацију као активног учесника у пројектантском процесу, пре него пасивног рецептора унапред дефинисаних форми.<sup>143</sup>

(*Achim Menges*)

Зависи од апликације, погледати одговор под питањем 3.

(*Fabio Gramazio*)

## 6. Дигитална технологија у архитектури и минимализам у форми?

Укључивање дигиталног пројектовања и префабрикације можемо видети као нови начин израде форме, као нови начин израде параметарског пројектовања, укључујући дигитално масовно прилагођавање и могући нови облик ауторства или делатности.<sup>144</sup>

(*Mario Carpo*)

Архитекте неће дефинисати форме предефинисане геометрије, да би их последично изградиле високо софистициране машине. Уместо тога, пројектоваће

---

<sup>143</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 157.

<sup>144</sup> Ibid. 12.

понашање и реакције саме машине.<sup>145</sup>

(*Matthias Kohler*)

Дигитална технологија није, али може да постане видљива. (*Fabio Gramazio*)

7. Неопходности и разлике по питању архитекте у дигиталном пројектовању и реализацији архитектуре у поређењу са конвенционалним архитектонским ланцем?

Већина теорије коју имамо у у дигиталном домену је у вези са изградом површина или техничких објеката. Простор није технички објекат. Простор је отелотворена перцепција.<sup>146</sup> (*Mario Carpo*)

Кроз масивно пројектовање нема више потребе да се поједностави свет да би га моделовали, али се бави директно његовом неуређеношћу: нечист, хаотичан и јасно узнемирујуће нејасан.<sup>147</sup> (*Mario Carpo*)

Ако се удаљимо од рачунарске комплексности...<sup>148</sup> (*Matthias Kohler*)

Мислим да је најупечатљивија разлика између традиционалног процеса пројектовања и нове парадигме да, ако су дигитално информисани, кораци планирања више нису узастопни. Итеративан процес је сложенији и захтевнији за укљученим актерима, тако што захтева нову културу радног процеса и алате, али је и много моћнији, јер омогућава узастопну оптимизацију пројектантских изазова у више пролаза – фаза. (*Fabio Gramazio*)

8. Позиционирање архитекте у пројектовању и реализацији архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ – позиција или неопходна врста активности и особености?

У тачки смо где паметна машина може да буде у интеракцији са материјалом тако да раде у сличном правцу.<sup>149</sup> (*Mario Carpo*)

---

<sup>145</sup> Ibid. 17.

<sup>146</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 15.

<sup>147</sup> Ibid. 16.

<sup>148</sup> Ibid. 16.

<sup>149</sup> Ibid. 17.

Стара добра хуманистичка порука пројектовања превођења идеје у материјал ће бити замењена безвременском и вероватно античком поруком вештине, где је резултат рођен из дијалога, заснованом на интеракцији између занатлије, објекта који израђује и материјала.<sup>150</sup> (Mario Carpo)

Архитекта мора бити у средишту овог процеса, организујући различите специјализоване играче од концепта до физичке реализације. Ова генерална или општа улога је блиска архитекти, али како би могао да пружи снажну синтезу о томе шта се дешава у основи сваког процеса пројектовања, он мора да обезбеди снажно и дубоко концептуално и техничко разумевање природе дигиталног процеса како у пројектовању тако и у фази фабрикации. (Fabio Gramazio)

9. Како архитекта данас, у смислу идеје и контроле реализације и организације процеса, чува себе као неког ко је једини у могућности да произведе идеју?

Поента почетка бављења програмирањем/кодирањем од стране архитеката је увек присиљено стање, праћено померањем из комфорне зоне у зону супростављања неадекватностима доступних алата у поређењу са задацима – изазовима, али и отварање себе ка неочекиваном свету могућности које даје креативно програмирање. Логичко информатичко програмирање није исто што и креативно програмирање. Једноставно сам имао одбојност за све што тражи да се ублажи утицај онога што сам сматрао најдрагоценијим улазом у пројекат дат од нас као људи: нашу интуицију. Други ће тврдити да је ово доказ за веома затворен ум за који, иако слаб, мој одговор може бити само: тако нешто може бити промена код младих.<sup>151</sup> (Mark Burry)

Нисам сигуран да ли сам разумео питање. Као што је наведено у одговору на питање 8, како би се произвеле у доследне идеје и успешно превеле у физичку реалност, архитекти су потребна специфична знања, која омогућавају комуникацију са вођењем и смерницама ка укљученим стручњацима. Креативни ангажман са дигиталним приступом расте само са дубоким и искреним (правим) разумевањем предмета рада. (Fabio Gramazio)

---

<sup>150</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 17.

<sup>151</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 70.



10. Како се препознаје креативност у „*дигиталном ланцу*“, као кодираном архитектонском процесу пројектовања и реализације?

Али сада можете масовно производити прилагођавајуће, без 3D објекта у исто време, пошто постоји 3D скенер.<sup>152</sup> (Mario Carpo)

Већ је чињеница да ове идеје, које су прво и касније највише истраживале архитекте, и за које се сада сви хватају, пошто нису само промена различитих облика, него и нова парадигма, која је свуда. Ја тврдим да је већ променила скоро све и да има потенцијал да то ради даље.<sup>153</sup> (Mario Carpo)

Уместо посматрања материјала из једне идеалистичке или есенцијалистичке перспективе, сада имамо пројекат у процесу двосмерне комуникације између капацитета материјала, на пример обликовних карактеристика и како архитекта мође да се понаша као модератор у ангажовању понашања материјала као једног покретача у процесу пројектовања. Рачунар је од помоћи у овом виду конверзације и дозвољава да се оде много дубље у разумевању како можемо развити пројектантске потенцијале који су прикривени чак и у скромним и честим материјалима.<sup>154</sup> (Achim Menges)

Оно што се обично дефинише као „*дигитални ланац*“ може открити свој креативни потенцијал ако процеси нису само оптимизовани у смислу ефикасности, али често скривен архитектонски потенцијал се активира и инструментализује од стране аутора процеса. Као архитекте тврдимо да ову критичну улогу треба да предузме архитекта. (Fabio Gramazio)

11. Зашто је неопходна флексибилност у кодираном архитектонском процесу пројектовања и реализације?

Историјска авангарда 20. века је успешно изумела поруку новог процеса зграде направљене по мери индустријског доба авангарде времена, које тврди: Ви сте

---

<sup>152</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 16.

<sup>153</sup> Ibid. 21.

<sup>154</sup> Ibid. 157.

гомила будала, куће ће увек бити грађене руком. Али нису били у праву, зато што се данас куће граде машинама. То је историјска функција авангарде.<sup>155</sup>

*(Mario Carpo)*

Зато што процеси више нису узастопни, што условљава већу флексибилност и директну интеракцију између различитих укључених страна, тј. архитекте и грађевинског инжењера.

*(Fabio Gramazio)*

## 12. Шта је надоградња архитектонског процеса уопштено?

Архитекте данас могу да пројектантске рачунарске процесе пребаце на роботе, уклопљене у физичку реалност. Као архитекта, можете имати машину, која има интеракцију са окружењем на начин како замислите или можете да испројектујете алат који је у интеракцији са окружењем на одређен начин.<sup>156</sup>

*(Matthias Kohler)*

Видети одговор на питање број 11.

*(Fabio Gramazio)*

## 13. Експеримент као приступ процесу пројектовања архитектуре?

Ми имамо глад за већом рачунарском моћи како бисмо дозволили доношење одлуке у стварном свету (енгл. real time) кроз мулти параметре и многи данашњи програмери морају да скину рукавице, дефинишу циљеве прецизније и мисле о кодирању од првог принципа као прихватању алгорита пројектованог за други контекст, пре откривања било каквих ограничења.

Све архитекте које се баве програмирањем имају различите личне позадине. Архитектама програмирање није у крви.

Два проблема који су ме подстакла да изађем из моје професионалне удобне зоне попустљивог путника и постанем возач на предњем седишту били су подстакнути потребом да се ослободим рутинских послова који нису били само одговорно досадни, али и склони да пате од моје људске грешке, типично изазване било каквим ручним уносом података који се ослањају на читање са екрана, записивањем, обрачуном, а затим укуцавањем натраг у другачијем контексту –

---

<sup>155</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 20.

<sup>156</sup> Ibid. 16.

није било копирања у то време. Врло брзо, међутим, могао сам да видим да је главни мотив за кодирање при софтверу да се повећа моја пројектантска пракса дозвољавањем себи да радим на начин који је до сада био непрактичан, и тако је програмирање постао медиј експериментисања испред продуктивне добити.<sup>157</sup>

*(Mark Burry)*

Ако експериментом сматрате процес са неизвесним исходом и истраживањем потенцијала, онда се процес пројектовања сам по себи може прећутно препознати увек као експеримент. Дигитална логика и алати само представљају ново, веома плодно игралиште за то.

*(Fabio Gramazio)*

### 5.3 Интервју – закључак

Интервју показује искуствена запажања архитеката који се баве дигиталним приступима у пројектовању и реализацији у архитектури. Даје искрену везу између значајних карактеристика архитекте и његове неопходности и експертизе у елементима „*дигиталног ланца*“, као и истовремену и обострану немоћ и потребу у односу архитеката – машина, као медијатор реализације. Закључује потребу образовања будућих архитеката и у програмерском правцу, али у смислу креативног програмирања, као и пројектовања апликација и алата.

---

<sup>157</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 25-30.

## ГЛАВА 6

### Архитектонски утицај у пројектовању и реализацији новонастајуће архитектуре по принципу „дигиталног ланца“

#### Навигационе мисли:

У целом хаосу је космос, у свом нeredу је тајни ред. Грешке су, после свега, темељи истине, и ако човек не зна у чему је поента, и то је у најмању руку увећање знања ако зна шта нешто није. (енгл. *In all chaos there is a cosmos, in all disorder a secret order. Mistakes are, after all, the foundations of truth, and if a man does not know what a thing is, it is at least an increase in knowledge if he knows what it is not.*)

Карл Јунг (енгл. Carl Jung )

*...Тресто метара лево, на самој обали,  
налази се место где је некад, у својим усамљеничким шетњама,  
долазио Ајнштајн, да разговара сам са собом,  
вовремја кад је био млади зет Марићевих.  
Инфелд за њега каже: –  
Верује се да данас стварно видимо три четвртине тог космоса који је Ајнштајн  
обухватио само мислима и једначинама. –  
Разумети се у архитектуру свемира, пре свих, и то ту,  
под мојим прозорима, док ја и даље упорно и бесловесно замуцкујем пријатељима  
у кафани, вечито истим пријатељима, у вечито истим кафанама, вечито исте  
стихове, уверен да сваки дан изговарам нешто ново – па то мора једном и да  
забрине...*

Мирослав Антић

#### Навигационе речи:

интуиција, инстинкт, намера, одлука, избор, контрола, координација, организација, комуникација, флексибилност, креативност.

## Уводне напомене

Овај рад је усмерен на процес позиционирања архитекте који се развија у технолошком дискурсу архитектуре, који је такође у развоју. Због тога не даје коначно решење процеса пројектовања и реализације архитектуре у „*дигиталном ланцу*“, нити препоруку за коришћење тачно одређених апликација пројектовања и реализације архитектуре, већ ширину утицаја и зоне у којима архитекта креативно влада и утиче на процес, производ и производна средства. Такође, рад не дефинише тачне позиције архитекте у принципу „*дигиталног ланца*“, пошто оне зависе од врсте фабрикације, већ даје зоне и врсту утицаја дејства у „*дигиталном ланцу*“. Тачнија дефинисаност позиција би омела архитекту у свом основном изражавању креативности.

Резултати рада су проткани пројектантском мисли као идејом водилом и карактеришу се као:

- редифиниција принципа „*дигиталног ланца*“ у преклапању са конвенционалним принципом, померања границе контроле, али исто тако и повећавање утицаја реализације ка идеји;
- архитекта диктира креативност и контролу процеса;
- директно присуство архитекте у реализацији – одређује параметре машине и учествује у интердисциплинарном процесу као креатор апликација;
- дигитално кодирање – избор параметара, нови, вештачки контекст;
- континуитет „*дигиталног ланца*“ остварен утицајем архитекте – флуид, енергија.

Овај рад полази од претпоставке да је архитектонски утицај у дигиталном приступу процесу пројектовања и реализације нове архитектуре промењен у односу на конвенционални приступ и да није јасно дефинисан. Континуални приступ процесу пројектовања и реализације по принципу „*дигиталног ланца*“ представља у исто време и изазов и решење комплексности данашњих услова и потреба, а управо га континуалним чини постојање архитекте као диригујућег повезујућег флуида/енергије свих његових делова – *карика и спона*.

Могућност конкретне примене „*дигиталног ланца*“ у пројектовању и реализацији архитектуре представља, уз архитектонски утицај и контролу у свим корацима, и базу за утврђивање карактеристика новог метода, који на правилан

начин уноси параметре производње у дигиталне технике пројектовања, тј. параметре пројектантских захтева.

Позиционирање архитектата у новим околностима комплексног односа архитектуре и технологије и конкретне примене процеса „*дигиталног ланца*“ представља тему, која са сваким новим пројектом представља експеримент у архитектури и грађевинарству како у смислу неочекиваности исхода решења проблема тако и у смислу технолошки непотпуне истражености.

Циљ је био и да се утврди комплексност критеријума пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре, као разлога и основе за усмеравање развоја, напредовање и усавршавање архитектонске струке и образовање будућих архитектата кроз утврђивање неопходних карактеристика и задатака једног архитекте у „*дигиталном ланцу*“.

Експерименталност приступа раду услед савремености и променљивости тематике даје поступак тражења најјаснијих одговора – шта је позиционирање архитекте заиста у овом тренутку. Заснован на понашању архитекте у новом дигиталном приступу, као и понашању самог приступа у смислу иновативних могућности, учења, искуства и са преклапањем како поставки тако и тренутних изазова конвенционалног приступа, врши се у виду спровођења тестирања у свакој глави и доношења закључака и наговештавања питања за наредно.

Постигнути резултати претходних поглавља представљају свеобухватну студију позиционирања архитекте у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“. Експериментални методолошки оквир рада, спроведен кроз кроз тестирање утицаја субјекта – архитекте у односу на установљене кључне тачке процеса као параметре критеријума – архитектура, материјал и машина, а на основу односа архитекта – машина, архитекта – материјал и архитекта – архитектура као савезничких, а не ограничавајућих, даје његове задатке у позицијама делова принципа „*дигиталног ланца*“. Неопходност архитекте у смислу карактеристика и активности у позицијама „*дигиталног ланца*“ посматрана је на бази дигиталних техника и контекста, а кроз призму производа дигиталне архитектуре, едукације кандидата двојног (дигиталног и конвенционалног) приступа процесу пројектовања и искустава актуелних архитектата дигиталне архитектонске сцене.

## 6.1 Дефинисање особених активности архитекте по позицијама у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „дигиталног ланца“

Базирајући се на пропратним речима *Fabricate* конференције схватамо да данашњица све чешће додељује архитекти додатне улоге мађионичара и перформера уопште, који од минималног производи максимално, али у исто време му нуди и нове могућности и захтева од њега да их прати кроз високу технологију, којом стандардно знање унапређује учењем нових техника. То је уједно и оличење пројектанта, чије суштинске карактеристике Херберт Симон (енгл. Herbert Simon) објашњава следећим речима:

Пројектује свако онај ко смишља правце деловања акције у циљу мењања постојећих ситуација у пожељне.<sup>158</sup>

Оно што је неизбежно у свим критикама Симонове науке дизајна је одговор на питање – ко одређује правце деловања и чије пожељне ситуације ми пројектујемо? Томе се додаје питање о чему све архитекта одлучује у данашњој архитектури и шта још, поред широког и мултидисциплинарног знања, мора да зна.<sup>159</sup>

Истраживање даје базу и информације и за приступ проблему нестандардног образовања и усавршавања будућих архитеката у технолошким околностима и атмосфери новонастајуће архитектуре. Управо се ова тврдња надовезује на чињеницу да би већ данашњим, а нарочито сутрашњим генерацијама које су рођене дигиталне (енгл. digital born), упознавање са новим дигиталним алатима било неминовно и у потпуности очекивано. У ствари, све супротно од тога би било неочекивано, пошто ће ове генерације тражити такву врсту знања као део своје личности.

Пројектовање је тимски посао архитеката, блиских сарадника кроз процес креирања, манипулисања и управљања информацијама на основу захтева, пре свега, корисника и професије. Такође, неопходно је пратити и откривање сазнања

---

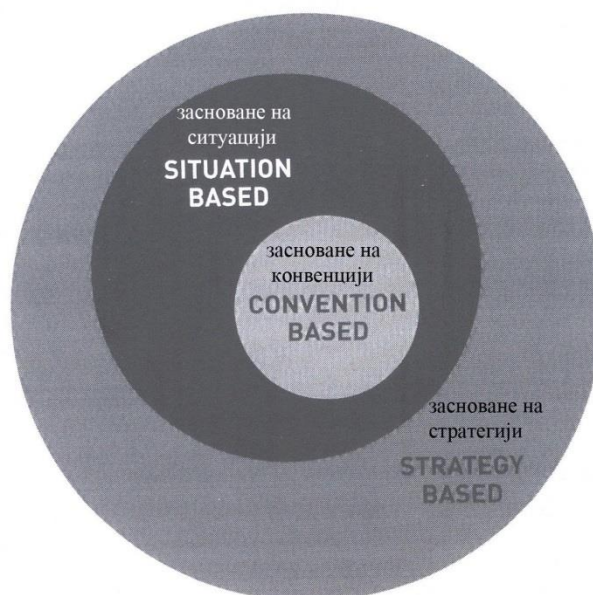
<sup>158</sup> Herbert Simon, *The science of artificial* (Cambridge: MIT press, 1996).

<sup>159</sup> Herbert Simon, *The science of artificial* (Cambridge: MIT press, 1996).

пројектовања, које је по Лоусону и Дурсту базирано на ставкама: пројектовање базирано на конвенцијама – стандарди и правила, пројектовање базирано на ситуацији – импровизација и стратегијски базирано пројектовање (Слика 69).

CAD/CAM интерактивне пројектантске могућности су условљене пројектантским креативним приступом, пошто идеја више не лежи само у моделовању и презентацији.

Стратегија улоге архитекте је првенствено базирана на интердисциплинарности његових особности и интерактивности његових активности. Креативност је сада особина комбиновања понекад постојећих елемената и програма, као и могућност успостављања флексибилности у контролисаном систему који само као такав може да опстане са једне стране. Са друге стране, уколико архитекти не дозволи могућност игре и неочекиваног, није пожељан архитектонски систем.



Слика 69: Стратегије пројектантског размишљања (енгл. Design thinking strategies)

Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 69.

Значајни фактори су и учење и повећавање количине знања – експертиза, и односи се у данашње време на технолошке промене. Други значајан фактор је снага утицаја, која се, пре свега, базира на разговорима, тј. сарадњи у оквиру пројектантског тима са колегама, клијентима, корисницима, државном управом и др. Увезујући фактор је цртеж, који представља главно репрезентативно средство



архитектонске идеје, а истовремено и комуникационо средство. Самим тим веза архитекте са рачунарима у сваком погледу је унапређење оба фактора и диктира позицију архитекте новонастајуће архитектуре и у послу и у процесу. Архитекта у будућности, који не зна да користи дигиталне алате, у истом је положају као архитекта некад, који не би знао да црта.

Видели смо приближавање нашем пореклу, наше путање промењене, а наше могућности проширене. Пронашли смо себе гледајући у исти простор са различитих позиција, и сложили се да је било у реду покренути отворени дијалог о томе како овакви догађаји преобликују нашу дисциплину, њен шири потенцијал, и њену улогу као театра између стварног и замишљеног.<sup>160</sup>

Надовезујући се на Лоусонову поставку архитектонског деловања, код „дигиталног ланца“ проблем и решење су увезани заједно, а процес пројектовања зависи од продужетка знања архитекте имплементираног у пројекат. Почетни процеси на којима се заснива поставка концепта су информисаност (енгл. briefing), анализа, синтеза, евалуација. Процес пројектовања се даље заснива на проблему структурирања, проблему решења, идејном решењу, реализацији и детаљима (Слика 70).<sup>161</sup>

Оно што примећујемо као реткост код конвенционалног пројектовања је постојање детаља на почетку процеса, што сада делимично постаје случај због увођења машина. У сваки пројекат дубоко су уткане и компоненте *пројектантске мисли*<sup>162</sup> кроз дуготрајне менталне процесе базирани на контролисаним условима, разговору тима и преко медија за рад. Епизоде пројектантског посла су цртање, моделовање, гестикулација и покрет, истовремено.

Разговор је почетак архитектуре – пројектни задатак, информација, углавном направљен у сарадањи са архитектом, никад не престаје на почетку, наставља се током процеса, ствара поверење клијента у архитекте, разумевање архитектата шта клијенти желе – директна линија у комуникацији. Улога разговора

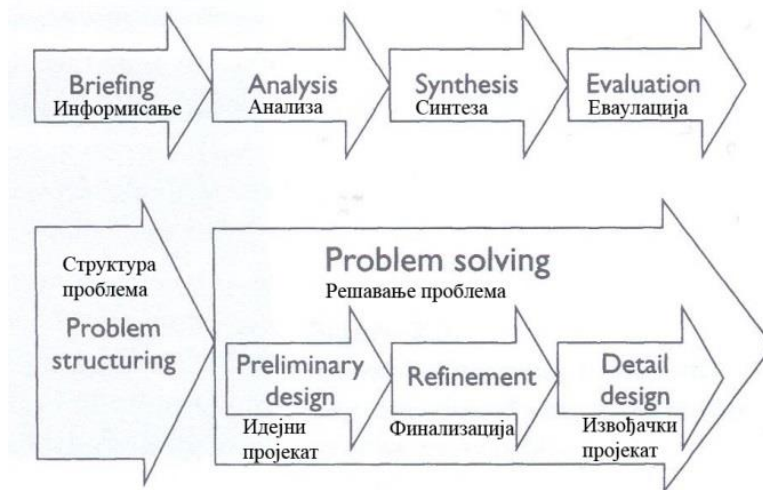
---

<sup>160</sup> Bob Sheil, Ruairi Glynn, увод *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 8–9.

<sup>161</sup> Bryan Lawson, *What designer know* (New York: Routledge, 2004), 13–15.

<sup>162</sup> Ibid.

је важна и као вербални опис идеје, пошто пројектантско размишљање и почиње разговором. *Права креативност почиње, тамо где језик заврши.*<sup>163</sup>



Слика 70: Делови процеса пројектовања (енгл. The RIBA and Goel model of design as sequence of activities)

Извор: Bryan Lawson, *What designer know* (New York: Routledge, 2004), 14.

Лоусон одговара на сва наведена питања тиме што целовитост знања архитеката назива пројектантском експертизом као њиховом неминовношћу и сматра је комплексном колекцијом вештина.<sup>164</sup> Ова чињеница води закључку да једино архитекта поседује експертско интердисциплинарно знање са тимским и колаборативним вредностима према свим учесницима заједничког процеса.

Континуитет у особености архитеката, као и сваке друге професије, односи се и на константно сазнавање. Међутим, страх од дигиталних алата је код архитеката још увек присутан из разлога постојања производа нејасне архитектуре, који је последица недовољног ангажовања архитеката управо при коришћењу ових алата у пројектовању. Очигледно је да ако посматрамо сврху употребе дигиталног алата у оквиру едукативног система као игралишта за објекте мањих размера са отвореним функцијама павиљона или скулптура и др., са употребом система фабрикације, чији су алати аутоматски везани са

<sup>163</sup> Bryan Lawson, *What designer know* (New York: Routledge, 2004), 84.

<sup>164</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise*, (New York: Routledge, 2009), 1.

пројектовањем – кодирањем, долазимо до закључка да је најважније да архитекта познаје процес и да једноставно може да научи да га организује и координира.

Превазилажење страха се управо састоји у прихватању нових технолошких достигнућа као потребних и неминовних и њиховом постављању под контролу архитеката. Међутим, тренутно стање је да архитекта није едукован довољно, тј. на прави начин, како би могао да контролише цео нови систем. База за приступ новом начину пројектовања је управо исказ Алберта Ајнштајна (енгл. Albert Einstein) да *проблеме не можемо да решавамо употребом истог начина размишљања, као и када их стварамо*.<sup>165</sup> Да бисмо пронашли решења и унапредили будућност, првенствено морамо унапредити себе, али као што каже аутор и новинар Ариана Хафингтон (енгл. Arianna Huffington), на начин да *искључимо себе од технологије и укључимо себе са собом самима је апсолутно есенцијално за мудрост*.<sup>166</sup>

Савремена архитектура, иако микстура уметности и инжењерства, води ка постављању главног питања међу архитекатама – мисао *versus* рука, тако да појам уметности више води ка појму умешности, а лични осећај се креативно замењује котролисаном аутоматизацијом у флексибилном смислу, док су паралелно вођени когнитивном способности сваког архитекте понаособ према проблему. *Уметност је вештинаи то је основно значење речи*<sup>167</sup>, цитирајући Ерика Џила (енгл. Eric Gill), која се мора савладати. А управо појам дуализма – двојности, који се јавља код Вима Кроуела (енгл. Wim Crouwel) у смислу паралелности емоција и рационалности у процесу пројектовања, може се преликати и на однос према пројекту у новонастајућој архитектури и оправдати ову замену уметности и умешности.<sup>168</sup>

---

<sup>165</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise*, (New York: Routledge, 2009), 23.

<sup>166</sup> Cvent CONNECT Keynote: Arianna Huffington Urges Event Professionals to Take Steps to Reduce Stress, приступљено 26.04.2016, [http://www.huffingtonpost.com/anne-thornleybrown/cvent-connect-keynote-ari\\_b\\_7642202.html](http://www.huffingtonpost.com/anne-thornleybrown/cvent-connect-keynote-ari_b_7642202.html)

<sup>167</sup> Written in stone, приступљено 26.04.2016, <http://www.theguardian.com/artanddesign/2006/jul/22/art.art>

<sup>168</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise*, (New York: Routledge, 2009), 27.

„Дигитални ланац“ постаје проводник когнитивне активности архитекте. Иако са доказаном нелинеарношћу, уз архитекту постаје најсигурнији начин спровођења комплексне идеје до реализације – фабрикације, преко прототипских анализа.

Знање дигиталне технологије и оперативност се споро шире међу архитектама, а врше велики утицај на архитектуру већих размера, као и на ширење иновација и истраживање материјала, док се однос између пројектовања и реализације у смислу готовог производа пре користи као изговор, него као покретач даљег развоја. Више пута поменута, конференција *Fabricate* 2014 је поставила темеље за даља питања развоја дигиталних архитектонских процеса. После великог броја тестирања дигиталне технологије у смислу употребе различитих конструкторских техника као што су роботска фабрикација и 3D штампа у служби градитељске традиције преко прототипова, павиљона и мањих зграда, главна тема се шири и на реалну архитектуру и комплексније процесе и односе пројектовања и реализације. Како технолошки алати узрокују промену сензибилитета и метода које утиче на културу пројектовања и грађења, архитекте морају постати експерти ових области, пошто су потребни да реше проблеме трансформисања комплексно пројектованог дигиталног модела у грађевинску реалност.<sup>169</sup>

Првенствено је неопходно уврстити дигиталне технике на сам почетак, у процес пројектовања. Уколико све врсте пројектовања посматрамо одвојено, добијамо јасне границе између дисциплина, али комплексност архитектуре је у томе што она повезује различите дисциплине и њена ширина посматрања проблема и свеобухватност је таквом чини. Покушавајући да позиционирамо архитекту у тој комплексности, која је данас из технолошких разлога све већа, ми му дајемо тренутне могућности управљања системом, као и унапређење система и позиција изнутра. Задатак архитеката је данас већи него икад, пошто поред сталног развоја морају истовремено и да створе и заштите архитектуру и своју професионалну позицију.

Решавање будућности нас прво враћа на искуства из прошлости и враћање више корака уназад, да бисмо отишли корак унапред. Зато се поново анализирају

---

<sup>169</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, увод едитора, *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 6–7.

и Вентуријеве (енгл. Robert Venturi) сложености у архитектури, пре свега кроз усаглашавање сложености форме у богатству значења и постојање принципа критичности код архитеката. Сложеност у процесу настала сложеним захтевима значи и сложеност у решењу, али не мора значити и сложеност у форми. У сваком случају, сложеност није случајна. Смисао није у томе да је *више* вредније него *мање* (напротив), него у томе да архитектура поново мора постати дело архитекте који гради, који о свом делу размишља и који иза свог дела стоји.

Однос између пројектовања и фабрикације, а пре свега однос између размишљања и прављења, данас дефинитивно мора бити редефинисан као круцијални изазов, посебно у вези са Земперовом<sup>170</sup> основном лекцијом о вези између размишљања, креирања и културе. Канаперо<sup>171</sup> могућности културе везује са знањем и разумевањем израде и разноврсношћу вештина, као пресеком научних и техничких дисциплина момента, и свако истраживање има личну интерпретацију са интердисциплинарном рефлексijом, која доприноси култури грађења.

Први корак у том процесу се односи на образовање архитеката у смислу сазнајног разумевања технолошког дела процеса – од идеје, преко дигиталног пројектовања, до реализације прототипа и готовог производа, а затим и организације и контроле истог, у циљу доприноса и вредности које би архитектура као дисциплина требало и да покаже.

Аутоматизација у развоју индустријске производње је развила методологију и технологију масовне производње, која се касније манифестовала на грађевинску индустрију. У доба нове технологије архитекта мора да употреби аутоматизацију успостављањем намере, става и контроле. Став према фабрикацији индустријском роботиком је управо такав. Своди се на руку робота, која може бити мултифункционална и опремљена широким спектром завршних ефеката уз употребу различитих алата, слично руци човека. Они више нису прототипски, унапређени су интердисциплинарним напорима, цена им је приступачна и врло су исплативи. Истраживање у архитектури везано за индустријске роботе управо се односи на адаптацију завршетака роботских руку

---

<sup>170</sup> Gottfried Semper, *Style in the Technical and Tectonic Arts*, (Los Angeles: Getty publications, 2004).

<sup>171</sup> Luca Canapero, *Digital fabrication in architecture, Engineering and Construction* (Berlin: Springer, 2011).

програмског интерфејса у архитектонске сврхе, у којој као пројектанти учествују и архитекте.

Глобално посматрајући деловање архитеката у архитектури и у процесу пројектовања и реализације по принципу „*дигиталног ланца*“, пре свега долазимо до апстрахованих поставки когнитивности и перцепције, па га можемо свести на: уметност/емоцију, логику/организацију и предвиђање/континуитет, које прате апстраховане активности архитектке, као што су: визија, сарадња, таленат, учење и слушање.

Како постоји велики број истраживања на тему дигиталне технологије у пројектовању и реализацији архитектуре у смислу контекста правца еволуције, и како је узела превеликог маха у коришћењу, данас се сусрећемо са нерешеном позицијом архитеката у новонасталим условима пројектовања и реализације, као и развојем будућег позиционирања у смислу да се архитекта мора вратити свом исконском занимању пројектанта који ствара – зида. Технологија нема утицај само на реализацију, већ на пројектну науку уопште. Одговором на хипотезе разматрамо редефиницију архитектонског процеса уопште, базираног на дигиталном приступу принципа „*дигиталног ланца*“, али са конвенционалним особинама архитектке, који у новом процесу имају своја специфична места и промењено значење. Успоставља се дискурс технолошког процеса, у коме је архитекта неопходан у смислу континуалности и линераности процеса, управо због својих исконских карактеристика и активности посматрања производа на својствен начин.

Било која врста архитектонског *ланца* без архитектке не постоји, тако да и архитекта мора да изађе из своје комфорне зоне заступљеног конвенционалног пројектовања, да се усвршава и експертски прилагоди нове приступе идејном решењу и идеји архитектуре уопште.

Појам машине у креативним професијама првенствено подразумева аутоматизацију у смислу смањења креативности, а тек после у смислу алата који омогућава умањену активност човека. Управо је то кључна ставка страха архитеката од непознанице дигиталних процеса. Закључно из претходних глава, у архитектонском „*дигиталном ланцу*“ долазимо до активности архитектке које су неопходне у присуству машина, али са променом позиције, обима или значења.

Уопштене промене су примећене у резултатима детаљних сагледавања принципа „дигиталног ланца“ у процесу пројектовања и реализације архитектуре, као и анкетања архитеката који су искуствено прошли кроз процес и из личног искуства, као и кроз преклапања са конвенционалним ланцем, у виду неопходних карактеристика архитектуре у процесима објашњеним у овим наредним поглавља. Посматрањем преклапања позиција кључних тачака и односа архитеката, машина и материјала са деловима принципа „дигиталног ланца“, добијамо тренутне могућности позиционирања архитеката у новом приступу у виду особености и активности архитектуре и као услов континуалности принципа. Двојна природа неопходности архитектуре је заступљена и у принципу „дигиталног ланца“ у закључку, у смислу функционисања процеса и особености архитектонске личности.

Општи закључак интервјуа архитеката дигиталне сцене се своди на следеће одговоре:

1. Како, зашто и где је архитекта неопходан у пројектовању и реализацији дигиталне архитектуре – принцип повезаног кодираног пројектовања и CNC реализације („дигитални ланац“)?

- Архитекта је неопходан као носилац идеје у смислу схватања суштине захтева и репродукције мисли у делу пројектовања и носилац конекције и контроле пројектантско-производног кода.

2. Шта подразумева дигитално образовање будућих архитеката данас, део образовања или учење кроз рад (енгл. knowing by doing)?

- Подразумева и једно и друго – паралелну конвенционалну теорију пројектовања, програмирање и учење на машини и од машина, као и суштину материјала у оквиру кода архитеката – материјал – машина.

3. Да ли је и зашто неопходно да се архитектуре упусте у авантуру кодирања и да ли кодирање унапређује пројектовање и реализацију архитектуре?

- Да, зато што је суштина учења архитектуре пракса, а не само теорија. Сада је процес пројектовања директно везан са процесом реализације.

4. Најбитније професионалне особине архитектонске личности данас и у будућности?

- Жеља за знањем, експериментом и креативна систематизација захтева и проблема, као и, карактеристично за архитекту, истовремено сагледавање проблема и решења.

5. Да ли контролисано програмирање унапређује архитектуру?

- Уколико се користи на прави начин као смањење неочекиваног у смислу неконтролисаног решења. Исто тако је и добра комбинација параметара, јер као контролисан приступ ствара неочекивана решења, што је основни постулат архитектуре.

6. Дигитална технологија у архитектури и минимализам у форми?

- Могуће, и чак очекивано у будућности као иновација, након широке употребе комплексних форми.

7. Неопходности и разлике по питању архитекте у дигиталном пројектовању и реализацији архитектуре у поређењу са конвенционалним архитектонским ланцем?

- Неопходност је отвореност за иновације и експеримент, као и сталне промене начина, техника и приступа пројектовања и реализације архитектуре.

8. Позиционирање архитекте у пројектовању и реализацији архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ – позиција или неопходна врста активности и особености?

- Сталне промене процеса и разноврсност процеса у смислу фабрикације, као и постојећи развој технологије у архитектури, мењају и начин позиционирања.

9. Како архитекта данас, у смислу идеје и контроле реализације и организације процеса, опстаје као неко ко је стручан и ко је једини у могућности да произведе идеју?

- Тако што је архитекта (као експерт) неопходан и тражен.

10. Како се препознаје креативност „дигиталном ланцу“ као кодираном архитектонском процесу пројектовања и реализације?

- У комбинацији делова „дигиталног ланца“, параметара кодирања и материјала.

11. Зашто је неопходна флексибилност у кодираном архитектонском процесу пројектовања и реализације?



- Зато што је немогуће све предвидети, то би било очекивано и недовољно креативно за архитекту – уметника.

12. Шта је надоградња дигиталног процеса?

- Архитектонска комбинаторика решења програмирањем, контрола пута од пројекта до решења и реализација производа по концепту.

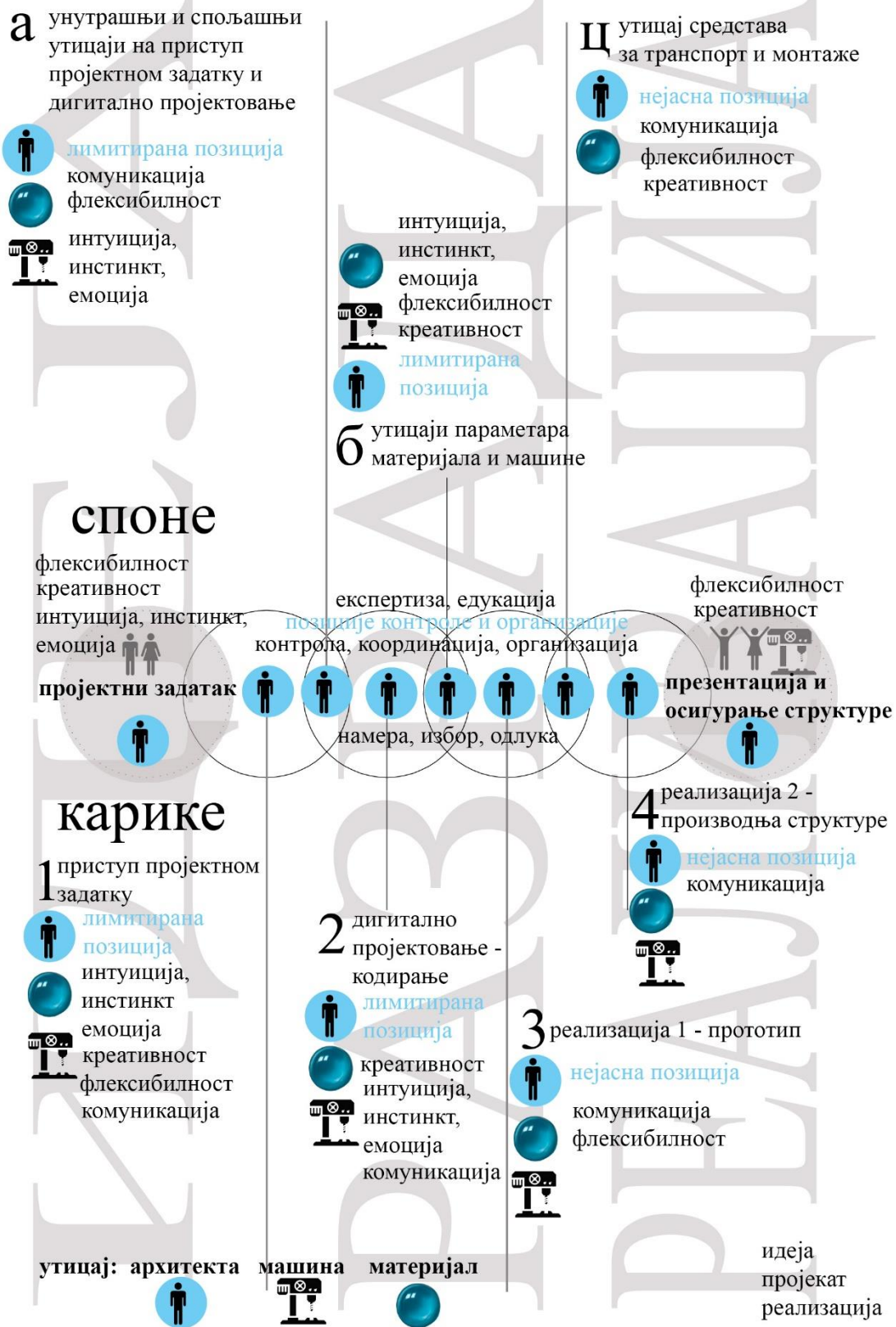
13. Експеримент као приступ пројектовању?

- Пожељан у смислу неочекиваности решења, унапређења целог процеса и перманентног усавршавања.

Поставке особених активности архитекте, неопходних као енергија процеса пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“, чине ланац континуалним, ефикасним и усмереним средством у стварању новонастајуће архитектуре (Слика 71). Све активности: интуиција, инстинкт, емоција; намера, избор, одлука; контрола, организација, координација; креативност; флексибиност; комуникација; експертиза и едукација су параметри критеријума могућег алгорита будућих односа у „*дигиталном ланцу*“.

Особина архитекте је да омогући да се ствари десе и да помогне другима у могућности да се ствари десе. Архитекта као лидер пројекта у дигиталном добу архитектуре осећа промене глобалне економије, нових технологија и пораст развоја колаборативних радних процеса.

Закључке прате илустрације у виду инфо графика Фрица Кана (енгл. Fritz Kahn), доктора који је издао велики број књига популарне науке са илустрацијама – пионирским подухватима инфографика, које представљају домишљат и јасан визуелни исказ информација и података везаних за развој технологије и релацију технологија – човек. Оне су и пропратни коментар постављених хипотеза и резултата истраживања у циљу дубљег објашњења посматране неопходне везе и ривалства машина – човек, као и њиховог међусобног односа и односа према природи.



Слика 71: Основе и зоне позиционирања изазова и особених активности архитекте у карикама и спонама „дигиталног ланца“

## 6.2 Интуиција, инстинкт, емоција

По Бергсону<sup>172</sup>, интелигенција је независна, а од ње је све зависно. Управо тако би било потребно посматрати и учешће архитекте у „*дигиталном ланцу*“, као и у билом ком другом архитектонском приступу. Интелигенција и инстинкт су супротног смера. Интелигенција је везана неживом материјом преко науке, док би нас у суштину живота са друге стране увела интуиција, тј. инстинкт. Исти случај је у архитектури, као споју инжењерства и уметности, интелигенције и инстинкта. Архитекта је као неминовни носилац и једног и другог неопходан у дигиталном ланцу. Као што је рекао Скот Адамс (енгл. Scott Adams), креативност дозвољава прављење грешака, а уметност је знање које би требало задржати. Сваки нови технолошки приступ у архитектури је уједно и истраживање, али и алат за једноставност процеса.

Атмосфера простора, *сензуалност уз логику су резултат пројектовања*<sup>173</sup>, као и достизање сигурности сваки пут поново у новом пројекту.

Управо је све речено разлог зашто се бавимо архитектуром, а човекова и технолошка размера је мера. Стваралаштво, постојање наших материјализованих емоција дуже од нас самих, изниклих из жељених потреба за домом, јесте сврха бављења архитектуре архитектуром и циља који та архитектура мора да досегне.

Уопштено, архитектура је грађење страсти и развој уживања, дисциплина која оперише како интелектуалном тако и физичком праксом.<sup>174</sup>

Почетна хипотеза је неопходност архитектуре у овом приступу, али да би он могао ово да ради, он мора и да зна то да ради. Технологија је неминовна, као и архитектура, а едукација је неминовна као и истраживање. Питање је само каква је архитектура. Интуиција и знање архитектурама постављају приоритете и критеријуме, и олакшавају изборе.<sup>175</sup>

---

<sup>172</sup> Анри Бергсон, *Стваралачка еволуција* (Београд: Космос, 1932), 155–175.

<sup>173</sup> Christian Kerez, *Inventioneerinnng architecture* (ETH Zuerich: Darch Gta), 48–49.

<sup>174</sup> Marc Angelil, *Inventioneerinnng architecture* (ETH Zuerich: Darch Gta), 34.

<sup>175</sup> Fabio Gramatio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, едит., *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 165.

Илустрације Фрица Кана – *Човека као индустријске палате*, приказују индустријску везу са организмом, симболички, у смислу немогућности директног сагледавања појединих процеса (Слика 72).

Покушај да се прикажу најважнији процеси живота, који се никада не могу посматрати директно, у виду познатих техничких процеса, како би се обезбедила и целокупна слика унутрашњег живота у људском телу.<sup>176</sup>



Слика 72: Човек као индустријска палата (енгл. Man as industrial palace, 1926)

Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 104–105.

Интелигенција се базира на идеји. Паметне машине су оперативни системи који не могу да мисле и формирају концепт и идеју. Поента технологије у архитектури данас се своди на контролисану флексибилност.

Од креативног приступа пројектантском задатку груписањем захтева филтрираним обавезама струке, пројектни задатак се данас обазриво разлаже у

<sup>176</sup> Uta von Debschitz, Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln:Taschen, 2013), 104–105.

компоненте кода који контролишу флексибилна решења. Идеја као почетак, идеја као крај и идеја као есенција, као упориште и костур *ланца*, али поставка и контрола идеје је од стране архитекте, као носиоца когнитивног и критичког мишљења. Основа нове идеје је у новом сазнању, новом образовању и, пре свега, новом приступу и избегавању произвољности архитектуре.

И прошлост, садашњост, будућност скупљају се у један једини моменат који је вечност. Своди се на то да је физичко искварено логичко. У овом ставу је цела филозофија идеја. Ту је такође скривени принцип филозофије, урођене у нашем разуму. Ако је непроменљивост више него постојање, облик је више него мењање, и логички систем идеја рационално подређених и уређених између себе расипа се, правим падом, у један низ физичких објеката и догађаја случајно стављених један иза другог. Рађалачка идеја неке песме развија се у хиљаде представа, које се материјализују у реченице, а ове рашире у речи. И, уколико се више силази од непомичне идеје, омотане око саме себе, ка речима које се одмотавају, утолико има више места остављеног случајностима и избору: друге метафоре, изражене другим речима, могле би се појавити. Слика је била изазвана сликом, реч речју. Све ове речи трче сада једна за другом, покушавајући узалуд да поново дају једноставност рађалачке идеје. Наше ухо разуме само речи; оно опажа само случајности. Али наш дух узастопним скоковима скаче од речи до речи ка сликама, од слика ка првобитној идеји, и пење се тако од опажања речи – случајности изазваних случајностима – до схватања идеје, која поставља сама себе. Тако поступа филозофија према свету.<sup>177</sup>

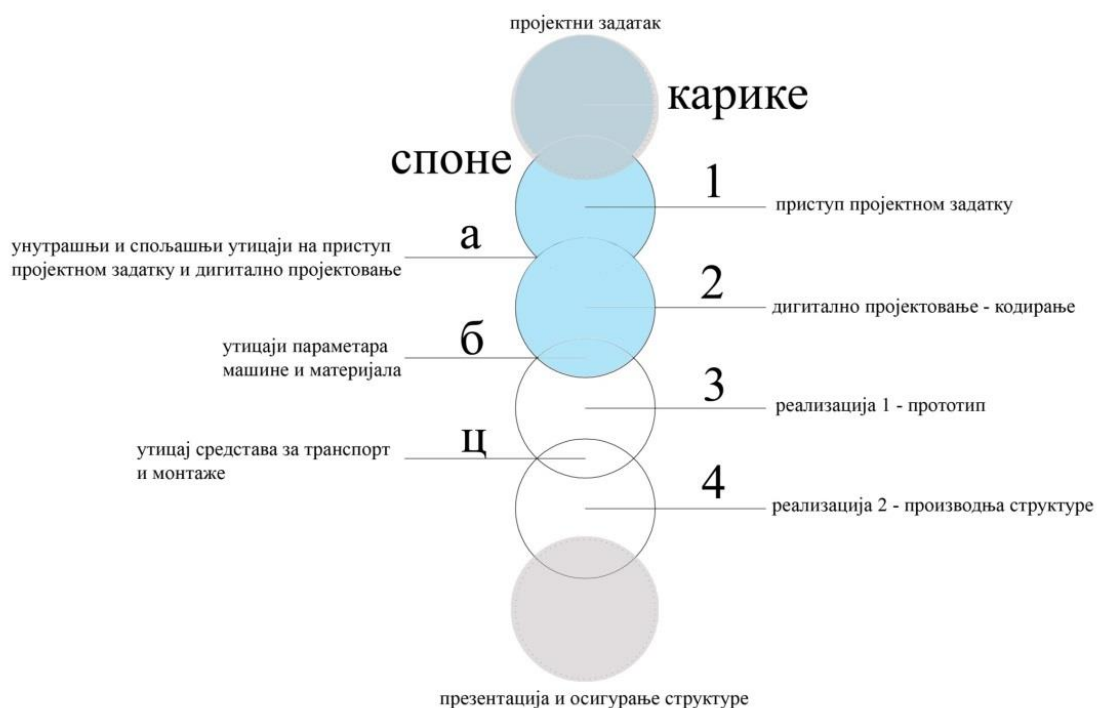
Тако поступа и архитекта према архитектури и тако развија прави принцип „*дигиталног ланца*“. Архитектура се развија из речи, кода и цртежа у таквом преплићућем тројству, које подржава идеју.

Тренутност развоја дигиталних приступа у архитектури чини да се још увек бавимо позиционирањем, а не тачним позицијама архитекте, пошто полазимо од претпоставке да је *ланац* дигиталан у целости и захтева дозу хуманости, а *ланац* се још увек унапређује, позиције архитекте развијају, пошто смо дошли до закључка да „*дигитални ланац*“ континуалним управо чини постојање архитекте у њему и неопходно позиционирање.

---

<sup>177</sup> Анри Бергсон, *Стваралачка еволуција* (Београд: Космос, 1932), 295.

Комплетан „*дигитални ланац*“ као процес је још увек експеримент у зависности од концепта, делимично или у целини. Промена позиција је у ствари остављање слободе, која се дефинише временом и мења. Архитекта је несумњиво на позицији места инстинкта, идеје и пројекције идеје у стварност (Слика73). Остале позиције како представљају интегрисаност дисциплина, требало би да представљају и интегрисаност мешовитих тимова или интегрисаност специјализација.



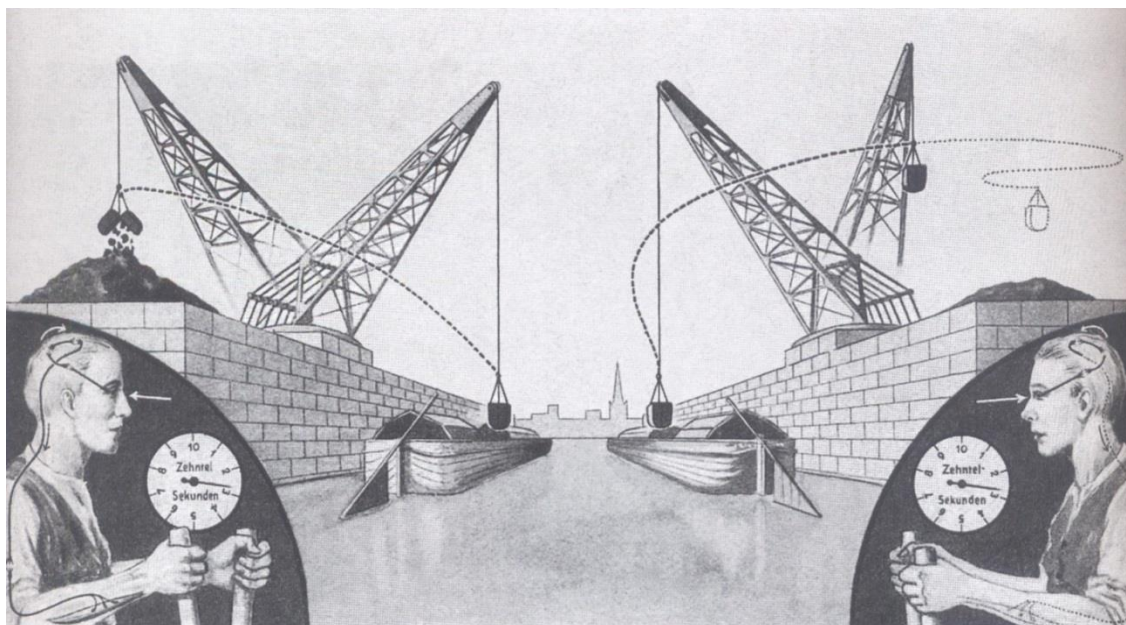
Слика 73: Интуиција, инстинкт, емоција у „*дигиталном ланцу*“

Процесуирање пројектовања се врши по пројектном задатку, пре свега у складу са архитектонским сазнањем, а затим везано и са личним особеностима архитекте, интуицијом, инстинктом и односом *emotio/ratio* архитекте, које га померају од стандарда и клишеа и које управо подстичу на личну креативност контролисаног система, првенствено у почетним зонама *ланца*: приступу, поставци кодирања и избору утицаја.

### 6.3 Намера, избор, одлука

*Ланац* је, сам по себи, и слободан и контролисан, уосталом као и сваки архитектонски *ланац*. Флексибилност *ланца* је могућа, пре свега кроз избор параметара и алата, као и сталног комбиновања. Ново поље отвара могућност архитекти да креира цео процес, не само по питању организације посла, већ и по питању избора, комбиновања и пројектовања алата и добијања производа.

Намера архитекте у процесу пројектовања је део концепта, која зависи од његове логике и става и која даље условљава одлуку и избор у свакој позицији *ланца*. Мера, критеријум и суд у пројектовању сада постају важнији него икад, како би се избегао губитак архитектонског производа у смислу недоследности идеје. Првенствено је битан у додатном одлучивању у односу на конвенционални архитектонски приступ усвајања решења, тј. испрограмираног резултата у коме архитекта добија одговорност сагледавања производа кроз предвиђање на више нивоа – понашање машине, склопа и готовог производа у контексту и функцији. Пројектант креира будућност, тако да га у сваком случају прати много сумњи и нејасноћа. Илустрација Фрица Кана симболички приказује доношење одлука у аутоматском процесу у зависности од способности субјекта (Слика 74).



Слика 74: Доношење одлука (енгл. The economic significance of response time, 1929)

Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 154.

Способност инжењера да предвиди ситуације је један од основних захтева. Пројектовање се своди на предвиђање предности и мана ка циљу – перцепција циља. По Шеилу:

Таква рана резолуција представља рад у категорији изван конвенционалних појмова прототипа, али и изван конвенционалних појмова објеката. Оне су, аргументовао бих, протоархитектура одређеног типа; конструкција која настоји да тестира, потврди или покаже спекулативне пројектантске предлоге који су се појавили кроз дигитална истраживања визуелно и теоретски; као и технички (на пример структурне перформансе) или практично (на пример израда). Таква протоархитектура обезбеђује облик преведених архитектонских доказа између дигиталног и материјала, и као последица, егзистира и као облик доказа о концепту за истраживачка и пројектантска питања која леже иза приказа продукта.<sup>178</sup>

Изборе и одлуке у архитектонском пројектовању трасира крајња намера и концепт архитекте. Оне постављају правац концепта, али су углавном најтеже на неочекиваним позицијама реализације прототипа.

Сагледавање свих корака унапред, као примарна одлика архитектата, сада се уобличије у код, врло слично као у стандардном архитектонском процесу по Лоусону, и представља анализу, синтезу и евалуацију идеје као претходницу коду.

Размишљење архитекте у смислу вештине, а пре свега развијено критичко мишљење, јесте битна карактеристика архитектонског процеса. Архитекта као носилац когнитивности константно са тимом студира решавање проблема кроз креативност. Управо је то један и од закључака конференције *Fabricate*, који каже:

То је веома важно да се схвати да архитекте доносе различит начин пројектантског размишљања у процес у односу на друге дисциплине. Ради се о умерености различитих погледа који воде нечему, што ниједна поједина дисциплина не може да докучи. Међутим, то би био погрешан приступ мислити да би требало да мултидисциплинарна истраживања компанија или образовни програми могу довести до ситуације у којој архитекта постаје инжењер,

---

<sup>178</sup> Bob Sheil, "De / fabricated Protoarchitecture ", *Prototyping architecture* (2013 ), 380.



математичар или научник рачунара. Мислимо да је потребно да буде довољно свестран и способан да говори ове језике, да може да користи технике и технологије са одређеним нивоом способности и да има значајано разумевање основних концепата. Али на крају, то захтева дисциплински специфично пројектантско размишљање о архитектури, које је потребно имати у себи и поново размотрити у циљу да би се био у потпуности способан или креативно ангажован мултидисциплинарношћу. Ово размишљање дефинитивно треба даље истражити и представља огроман изазов за академију.<sup>179</sup>

И по Карпи се пројектовање своди на то да неко мора да буде главни. Архитекта је тај који одлучује о форми, који зна стандарде и који је аутор. Ауторство је категорија коју архитекте поново морају да поврате у архитектонском процесу са новим алатима, пре свега својим ставом, а такође и балансирањем комплексности и враћањем једноставности форме, уз познавање употребе нових алата (Слика 75).

Смена у ауторству као нова поставка пројектовања се односи на:

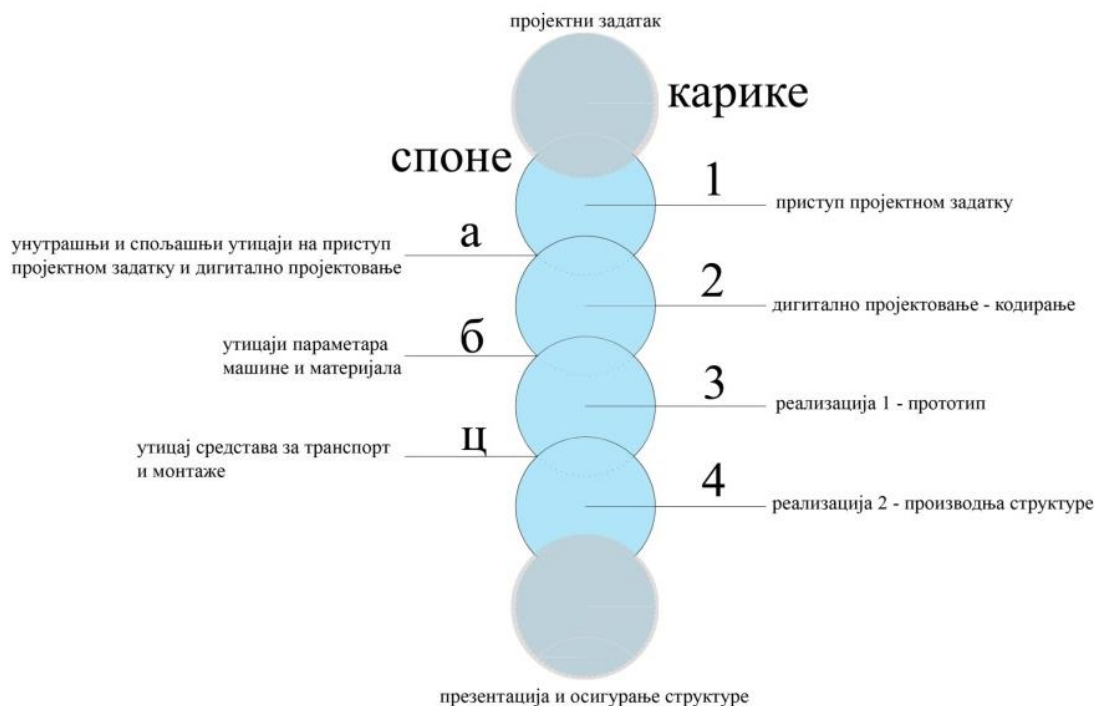
Најзначајнији парадокс за мене је разлика између генерације, која је опсесивно оптерећена бригом да ће им неко украсти идеју и генерације, која интернетом дели информације, укључујући и делове кодова. Изгледа да је код млађих генерација подједнако битно пропагирање идеје колико и њена успешност.

Концептуални развој идеје је јасно дефинисан процес и увек укључује више људи, чија је организација различита. Укључивање кодирања, као део напора целокупног тима, мења и улоге и статус. Програмирање фундаментално изједначава хијерархију, и тимски рад великог броја аутора који раде интегрисане делове око конструктивног кода је мотивирајући. Комплексност увођења рачунарског кодирања у пројекат мења традиционалну архитектонску праксу и више је приближава филмској индустрији, где су све улоге подједнако важне и значајне за продукт.

---

<sup>179</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, едит., *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 165.

У целој конструкцији посла програмери су углавном изолована снага тима и неконтролисана идеја од стране остатка тима, што пројекат пре може да води у генеричком, него у уметничком правцу.<sup>180</sup>



Слика 75: Намера, избор, одлука у „дигиталном ланцу“

#### 6.4 Контрола, организација, координација

Осим усмеравања идеје ка реализацији, дигитални приступ успоставља комбинацију научног и архитектонског приступа проблему, пошто у себи крије још увек експериментални приступ. Научници анализирају структуру проблема и онда је решавају, док архитекте дају најбоља решења, па затим проверавају да ли су дозвољена и могућа.<sup>181</sup> Креативност и аналитичке вештине су фокусиране на решење, а не на проблем. Оријентација ка проблему је аналитичка, а ка решењу креативна. Приступ добрих пројектаната је креативно аналитички, са

<sup>180</sup> Mark Burry, Scripting culture (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 251–252.

<sup>181</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, Design Expertise, (New York: Routledge, 2009), 28.

одредницама које усмеравају, а не лимитирају решење. То је база „*дигиталног ланца*“.

Додатни корак је оптимизација, тј. избор решења у великом броју решења. Успостављање пројектантског процеса у линијски систем *ланца* делује нелогично, али могуће. Пројектовање је мешавина различитих људских активности у сваком кораку.

По Лоусону, пројектантско решавање проблема се своди на поставку – тражење решења – генерисање решења – истраживање консеквенци – евалуација – избор решења и показало се као добар модел код комплексних проблема.<sup>182</sup>

Поступање са неизвесним после решења првог пута нас касније охрабрује. Професионално пројектовање контролише пројекат и представља организацију мисли и идеја. На почетку је потребно је утврдити концепт реализације – избор материјала у складу са идејом, систем машина са карактеристикама машина у складу са идејом. Критеријуми усмеравања су:

1. концепт,
2. кодирање,
3. провера – модел, прототип,
4. производња.

Изазов и даље постоји на вези пројекат – реализација, али се другачије и боље контролише. Пројектовање се врши у двосмерном процесу комуникације између капацитета материјала, нпр. самоформирање карактеристика, и могућности архитекте као модератора у ангажовању понашања материјала, као једног покретача у процесу пројектовања. Рачунар је посебно користан у овој врсти конверзације, и то нам омогућава да одемо много дубље у разумевању како можемо развијати потенцијал пројектовања, који је сакривен чак и код најскромнијих и најуобичајенијих материјала.

Материјалност и материјализација је сада активни учесник у пројекту, пре него пасивни рецептор унапред дефинисане форме.

Оперативне промене у улози пројектанта се огледају у томе да пројектант идеје, коју је исказивао визуелно цртежом, постаје и пројектант процеса у оквиру

---

<sup>182</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise*, (New York: Routledge, 2009), 30.

кога би остварио ту идеју. Процес се мења, није увек исти, већ свака идеја са собом носи и свој процес. Процес постаје идеја и обрнуто.

Детаљније се опис новог процеса своди на приступ, идеју, анализу идеје и утицаја, на основу чега се припрема код – база – дигиталног пројектовања, сазнања и стандарда смештених у мини програме – параметре, поставку кода пројектовања, додавање утицаја реализације, добијање решења, проверу кроз пробне моделе – протипове, провера утицаја транспорта и монтаже и коначну реализацију. То су разложене компоненте процеса пројектовања и реализације, које архитекта пре свега контролише, организује и координира.

Преузета места пројектовања у *ланцу*, као анализа дискурса архитекте из претходног поглавља:

- Улаз – контекст и захтеви – пројектни задатак;
- Приступ на основу контекста и захтева ствара концепт;
- Начин размишљања на основу концепта ствара процес пројектовања реализације (материјал, машина – захтеви);
- Програмирање на основу процеса ствара варијанте производа визуелно и физички;
- Програмирање на основу процеса ствара готов производ.

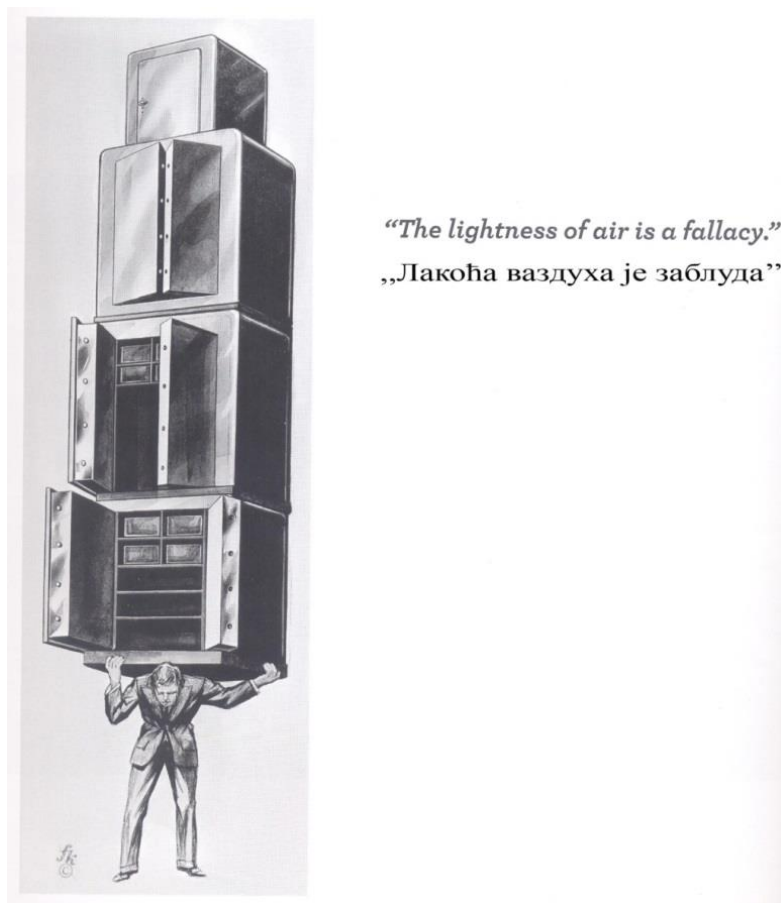
Неопходне позиције архитекте које се подударaju са конвенционалним приступом су у позицији приступа, концепта, предвиђања и контроле, преузете позиције из претходне главе где је архитекта неопходан као координатор:

1. концепт – технологија дозвољава, олакшава и омогућава различите симулације на материјалу или у процесу, без стандардних – мануелних експеримената,
2. кодирање,
3. надоградња процеса,
4. трансфер код – прототип и код – машина,
5. симулација, прототип *versus* реализација,
6. контрола, неочекиване околности у реализацији.

Стратегија дигиталног пројектовања се заснива на предвиђању могућих грешака у процесу, тако да се враћамо на тактике и замке пројектовања, али у ширем спектру изазова. Балансирање услова и грешака у *ланцу* је утврђивање

критеријума компромиса, симболички приказано на илустрацији Фрица Кана (Слика 76), која указује да комплексност решења подразумева и комплексан процес.

Лакоћа ваздуха је заблуда. Ваздушни стуб висок 190 миља носе наша рамена са 44.000 фунти, али ми не осећамо притисак зато што га осећамо само одозго, као и изнутра и испод, што ребалансира.<sup>183</sup>



Слика 76: Комплексност решења подразумева комплексан процес (енгл. *The lightness of air is a fallacy*, 1926)

Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 96.

Управо се дигитално пројектовање идеје своди и на пројектовање кода који репрезентује идеју, и чији су резултати алтернативна решења. Архитекта

---

<sup>183</sup> Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn*, 96.

утврђује право решење, али томе претходи и неопходна организација мини процеса у смислу детерминисаности улога и доношења парцијалних одлука. Односи су уређени тако да, иако опште специјализоване, архитекте ипак морају да познају цео процес, уз повећан капацитет одређеног специфичног знања у оквиру тражених позиција, са тим да је експертиза уз свакодневно учење неминовна.

Контрола се своди на надзор целокупног процеса и пре свега је извођачки процес померен на фазу симулације и прототипа, чиме је олакшан реални процес. Са друге стране, апсолутно предвиђање је немогуће. Неопходна је контрола и у реализацији и на градилишту у виду архитектонског надзора. „Дигитални ланац“ ланцем чини порука, коју шаље и контролише архитекта. Порука представља осу ланца која је директно везана са свим деловима ланца – *карикама* и *спонама* и повезује их међусобно, а пренос и контрола поруке кроз процес пројектовања до реализације чине главну позицију архитекте, што асоцира на Канову илустрацију којом су приказани нерви и каблови, две сродне структуре у природи и технологији, које графички неоспорно слично изгледају (Слика 77).



Слика 77: Нерви и каблови (енгл. Nerve and cable, two related structures in nature and technology, 1929)

Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 158.

Креирање и контрола процеса пројектовања, као и креирање и контрола предуслова реализације производа – израда прототипова, јесу главна позиција архитекте.

Рашчлањивање идеје на компоненте и поставка критеријума кодирања носи у себи сва предвиђања и представља срж концепта дигиталног пројектовања. Исто тако, као срж организације процеса са интердисциплинарним и колаборативним тимским радом, Фрај Ото (енгл. Frei Otto) поставља интердисциплинарну истраживачку културу, која креативно ангажује строгост и увид инжењерских наука у архитектонско пројектовање. Мислимо да је такође важно истаћи да је сав рад резултат тимског напора, који се материјализује кроз сарадњу великог броја људи са експертизом у различитим дисциплинама. Овај део *ланаца* представља проверу у правцу контроле пројектовања и релизације у циљу избегавања рачунарске доминације оптимизације и филтрирања решења.<sup>184</sup>

Будућност није неко место где ми идемо, него је место које ми стварамо. Стазе се не могу наћи, али се могу направити. И активност прављења мења и оног ко их прави и њихово одредиште.<sup>185</sup>

Са друге стране, роботи су комплетно различити у односу на CNC машинерију. Ове машине су дигитално контролисани продужеци установљених процеса, а роботи су генерички делови хардвера који постају специфични кроз контролисани програм и избор ефекта. То омогућава дигиталној фабрикацији да постане унутрашњост пројектовања, тј. да материјализација постане део пројектовања. Роботи нису само опрема за израду унапред осмишљених идеја, већ и могућности и карактеристике фабрикацијског окружења еколошки уграђених у пројекту. Робот, за разлику од осталих машина, постаје директна, непосредна веза између програмирања и материјализације, што му истовремено даје и карактеристике покретања и омогућавања пројекта.

„Дигитални ланац“ као линерани процес који иде од пројекта до детаља није интересантан, али као процес материјализације у смислу фабрикације у

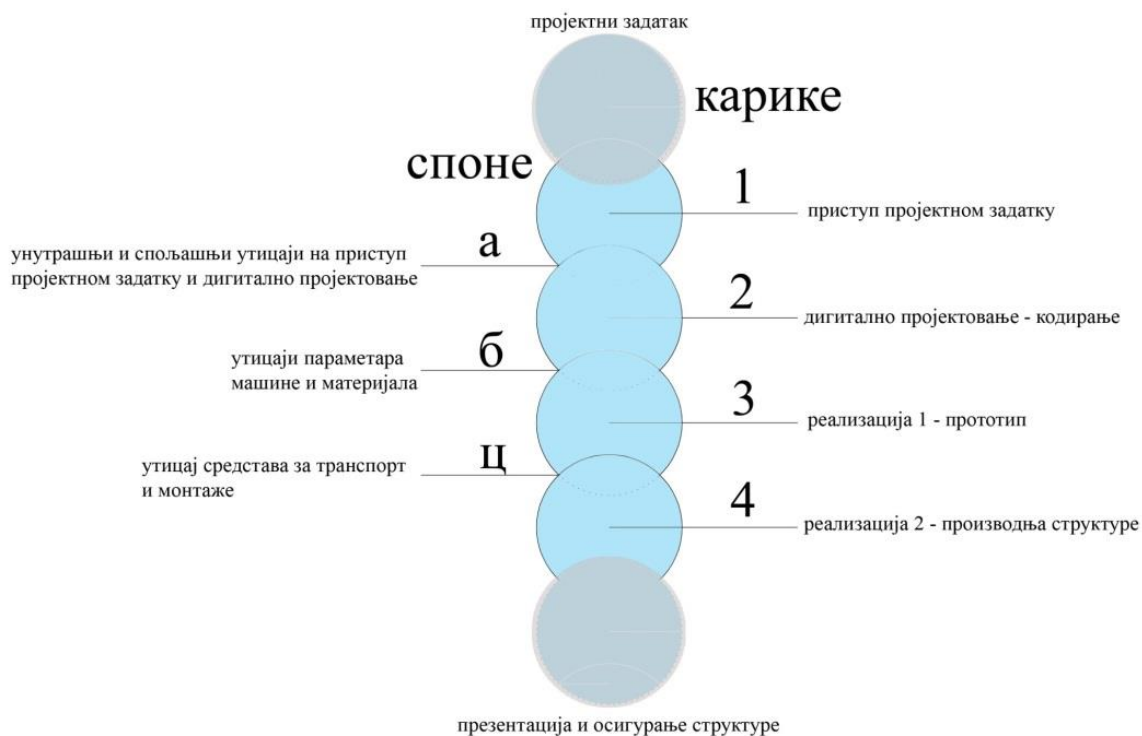
---

<sup>184</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, едит., *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 156–157.

<sup>185</sup> John Schaar, политички теоретичар и професор на Универзитету у Калифорнији.

архитектури као део експлоративног процеса пројектовања јесте.<sup>186</sup> У смислу сигурног позиционирања архитекте захтева контролу, координацију и организацију током целог процеса (Слика 78), као и сигурну контролу будућег развоја процеса.

Ова дисертација у себи садржи три типа контроле архитекте: проверу процеса, проверу неопходности архитекте и проверу решења.



Слика 78: Контрола, координација, организација у „дигиталном ланцу“

## 6.5 Креативност

Креативност у „дигиталном ланцу“ делује првенствено као немогућност једног система, међутим, управо је спровођење креативности један од главних циљева неопходности постојања архитекте у дигиталном процесу. Проширење креативности архитекте је и у домену процеса и средстава за рад.

<sup>186</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, едит., *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 161.



Усаглашавање уметничког у технологији и обрнуто се пре свега заснива на креативном размишљању. Филозофија пројектовања као база је увек аспект, који архитектуру чини архитектуром.

Промена се не може избећи...промена пружа прилику за иновацију. То нам даје прилику да покажемо своју креативност.<sup>187</sup>

Најважније особине „*дигиталног ланца*“ битне за архитектуру су контрола и флексибилност процеса. Управо је то и главни ривалитет у оквиру процеса, који решава управо став архитектке. Уметнички осећај или инстинкт је моћ архитектке, који се додатно и развија искуством. То је могућност човека, а немогућност машине. Слободу процеса прописује архитекта, а самим тим и слободу стварања, као и неопходне оквире те слободе. Архитектура се, на крају крајева, ипак ствара према стандарду и закону.

Ја сам довољно уметник да слободно цртам на основу моје маште. Машта је битнија од знања. Знање је ограничено. Машта окружује свет.<sup>188</sup>

Присуство персоналних карактеристика у рачунарском генерисању варијанти – оптимизацији ствара креацију, која је природно везана за бесконачност. У оквиру теме кодирања пројектовања Фабијан Шојрер (енгл. Fabian Scheurer) расправља о успостављању и изазивању првих реакција, што је и прво питање у водичу развоја рачунарског програма. Алати дефинишу проблем, морају да одговарају проблемима и дозвољеним ресурсима. Проблеми:

- Рачунари су одређујући, а не креативни;
- Симулације никад нису реалне као стварна ствар;
- Рачунари никад неће бити довољно брзи.

Оно што је осигуравајуће горе наведеним тачкама је да оне остављају могућност креативног пројектанта у центру слике. Када се померимо од пројектовања зграда

---

<sup>187</sup> Keshavan Nair, филозоф и инжењер, предавач на Државном Универзитету у Охају и Индијском Институту за технологију у Кампуру.

<sup>188</sup> Albert Einstein, теоријски физичар, један од највећих умова и најзначајнијих личности у историји света.

ка пројектовању алгорита који пројектује зграде, ми само мењамо ниво апстракције, али не и ниво одговорности.<sup>189</sup>

Реч зграда подразумева практично неситничав приступ и често се користи од стране клијената и извођача. Реч архитектура подразумева неку уметничку тежњу, и када се користи од стране архитекте има за циљ да укаже на нешто на вишем нивоу од обичне зграде. Када се питамо шта желимо од дигиталних алата и нове архитектуре, која је у неминовној сарадњи са технологијом, прво себи морамо поставити питање да ли је оно што пројектујемо и градимо кућа или архитектура.

Архитектура је облик знања и производње, као и дисциплина између уметности, хуманистичких основних наука и инжењерства, а како представља јединицу грађевинске средине савременог концепта која увезује разноврсност, комплексност и ефикасност, окарактерисана је у великој мери интердисциплинарним сензибилитетом.<sup>190</sup>

Задаци архитеката новонастајуће архитектуре су првенствено аналитичке природе, полазећи од поновног проналажења суштине сваког атома архитектуре и постављања ових потребних карактеристика у параметре и параметара у односе, како би се добио задовољавајући производ.

Архитекта који ће креирати и стварати у будућности мора, као што је већ поменуто, више него икад у прошлости бити тип архитекте по Витрувију, који је комбинација теоретичара неутуђеног од садашњости и живота, уметника отвореног ка технолошким достигнућима и инжењера интегрисаног са свим осталим дисциплинама и са природом.

Поред својих вишеслојних интелектуалних вештина, архитекта новонастајуће архитектуре постаје поново градитељ који гради рукама, али посредно, преко машина. Он и карактеристике материјала мора да сагледава посредно, тј. увезано са односом према машини.

Самим тим, неопходно искуство архитекте у науци и у практичним вештинама га једино чине подобним за стварање архитектуре данас и сутра, уз

---

<sup>189</sup> Brady Peters, Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley) 186–195.

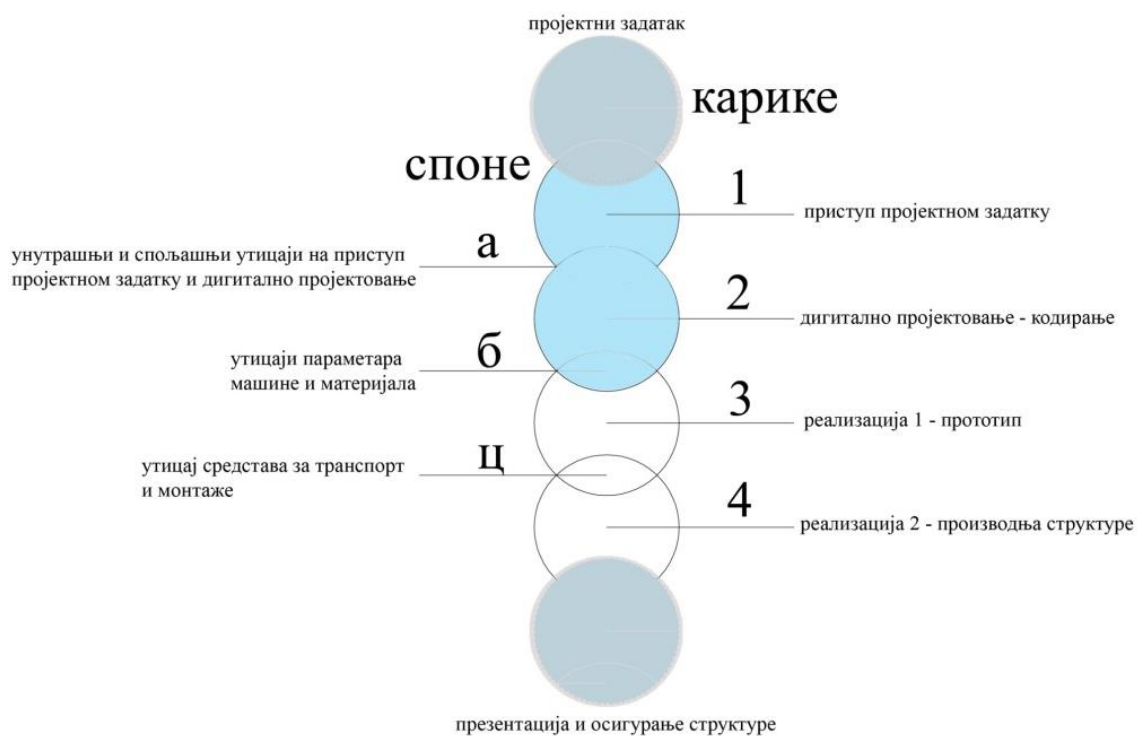
<sup>190</sup> Gerhard Schmitt, *Inventioneerinnng architecture* (ETH Zuerich: Darch Gta), 9.

целокупно опште образовање из свих осталих дисциплина, првенствено филозофије, уметности, математике и права.

Менгезу се чини да постоји начин да се помири сукоб који је симбол за савремене услове архитектуре, сукоб између ефикасности ресурса и перформанси материјала и конструкције са једне стране и архитектонске перформативности с друге стране. Несклад између перформанси и перформативности усклађује управо архитекта.<sup>191</sup>

Аспект архитектонског процеса, контроле и производа у „*дигиталном ланцу*“ је, пре свега, уметност и ауторство (Слика 79).

По Бакминстеру Фулеру (енгл. Richard Buckminster Fuller), никад се неће променити ствари борбом са постојећом реалношћу. Да бисмо променили нешто, морамо изградити нови модел који чини постојећи модел застарелим.



Слика 79: Креативност у „*дигиталном ланцу*“

<sup>191</sup> Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg, едит., *Fabricate* (ETH Zuerich: gta Verlag, 2014), 158.

## 6.6 Флексибилност

Архитектура уопште, а нарочито под утицајем нових технологија, јесте константан и комплексан истраживачки рад као део приступа пројектовању и у уметничком и у техничко технолошком смислу, са истраживањем као подразумевајућим делом процеса.

Базира се првенствено на образовању, које са собом промовише такав начин рада и размишљања. Иако су нове тенденције почеле у практичном делу, сада је неопходно отићи корак даље у истраживању пројектантског дела „*дигиталног ланца*“. Са друге стране се наставља и надограђивање алата који користи додајући потребне апликације неопходне за завршетак посла, које су уједно и део пројектовања и део реализације.

По Карлу Марксу (енгл. Karl Marx), пројектовање је реализација у машини пре реализације, међутим, пројектовање је, у ствари, истраживање и експеримент пре примене. Поента технологије у архитектури данас се своди на контролисану флексибилност. Од креативног приступа пројектантском задатку груписањем захтева филтрираним обавезама струке, пројектни задатак се данас обазриво разлаже у компоненте кода који контролишу флексибилна решења. Идеја као почетак, идеја као крај и као есенција. Култура отворена програмирању је логички наставак употребе програма.

По Марку Берију, питање данашњег стања о односу архитектуре и дигиталне технологије се односи на питање флексибилности и своди на ново питање: Куда даље (ориг. Quo vadis?).

Остварени пројектанти са мало напора треба да побољшају своје вештине, или повећају обим свог напредовања уз репертоар, без обзира на свој недостатак искуства у кодирању или неизговорени страх од младих колега и њихових наизглед фантастичних програмерских способности, без ограничавања могућности за развој.

У разматрању терена, сви изгледа чекамо да се појави природан језик и систем беспрекорне физичке интеракције, онај који не захтева од пројектанта да прерано прогласи приоритете како би били у складу са ограничењем рачунарске логике, нити да будемо присиљени да комуницирамо тако опипљиво са црном кутијом.

И програмери и непрограмери желе еквивалентни природни интерфејс за свој креативни интелекет за било који алат са којим раде. Ми знамо шта хоћемо од алата, али нисмо у могућности да дефинишемо: ако бисмо успели, могли бисмо да направимо идеалан алат за нас. Архитектонске школе би у старту требало да умреже креативност појединаца са учењем програмирања, како би будући пројектанти имали укрштено искуство и касније знали и шта одбијају у свом раду. Напреднији ће уврстити и кодирање у свој пројектантски репертоар као значај програмерске културе и суштинску компоненту пројектантског образовања 21. века.<sup>192</sup>

Директно се везује са параметрима машина на почетку кодирања, који су и помоћ постизања континуитета стварања и ограничење реалности производње. Са друге стране је на почетку јасна могућност свега, што је релативан појам, пошто данашњи приступ дигиталног пројектовања даје могућност и креирања, тј. промене алата машине. Поента је у томе да архитекте морају да превазиђу своје незадовољство и критике и ухвате се у коштац са стварним проблемом, проучавањем и учењем програмирања.

Архитектура више није само континуални процес, већ у многоме средство које повезује и премошћује друге дисциплине и које је још увек подложно иновацији и експериментисању. Процесно оријентисано размишљање и колаборативно флексибилно решавање изазова су основне особине архитеката новонастајуће архитектуре (Слика 80).

Он ствара правила, међусобне релације и циљеве, које рачунар оптимизира уз/из много варијација.<sup>193</sup>

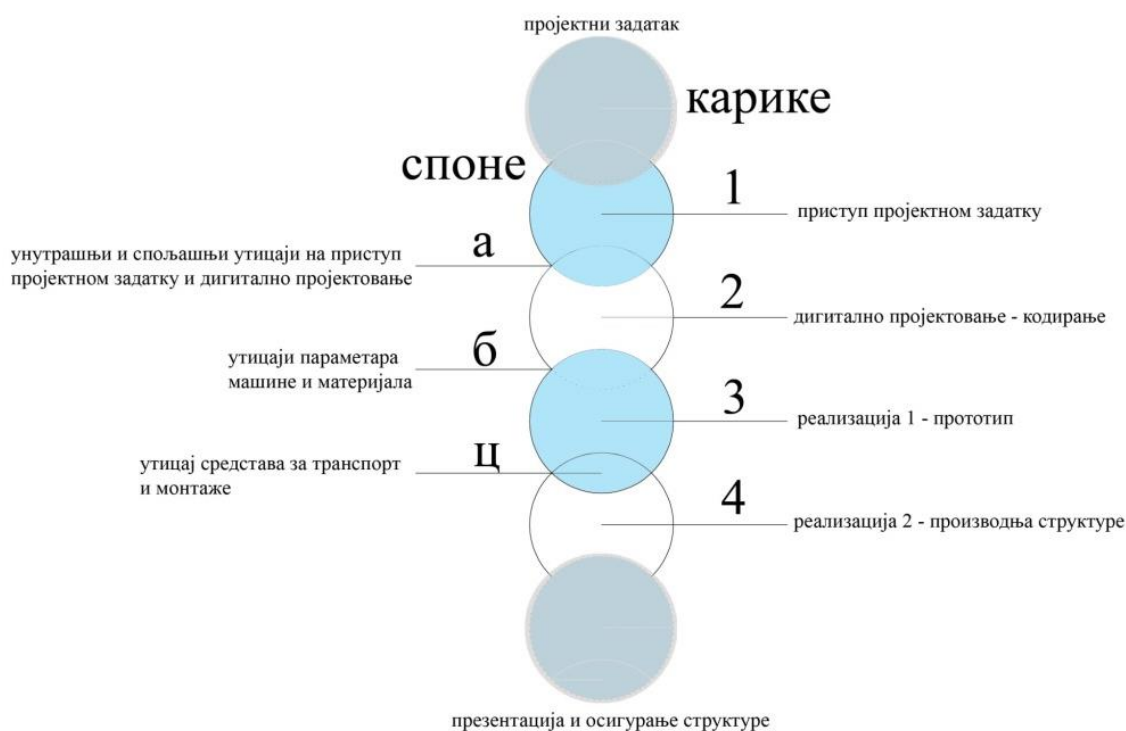
Флексибилност реакције материјала при акцији машине и могућност дозвољавања или спречавања тих параметара су омогућени дигиталним процесима.

Ниво флексибилности технолошких алата је сада у рукама архитеката, који осим тога што су креатори процеса и производа, сада постају и креатори апликативних средстава пројектовања и реализације.

---

<sup>192</sup> Mark Burry, *Scripting culture* (Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 253–255.

<sup>193</sup> Ludger Hovestadt, *Inventioneering architecture* (ETH Zuerich: Darch Gta), 16.



Слика 80: Флексибилност у „дигиталном ланцу“

## 6.7 Комуникација

Разговор – прича о пројекту је засигурно улога архитеката. Само архитекте толико верују у пројекат да могу да га бране и објасне. Разумевање корисника и њихови захтеви као концепт и почетак архитектуре се у дугом процесу пројектовања и реализације сведу и на едукацију клијента, као најснажнији утисак овог односа.

По Лоусону, понекад речи могу дати предност током процеса, пре него слике.<sup>194</sup> Описи производе замишљене слике код клијента. Исто тако, речи су важни алати размишљања. Ако не бисмо имали реч за нешто, то би сигурно ограничило наше могућности да мислимо о томе и да га развијемо.<sup>195</sup> Такође, архитекта идентификује аспекте проблема, објашњава их експлицитно, и предлаже алтернативне токове радњи за коментар непројектаната. Самим тим, а

<sup>194</sup> Bryan Lawson, *What designers know* (New York: Routledge, 2004), 86–89.

<sup>195</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise*, (New York: Routledge, 2009), 139.

уз све већ поменуто, пројектовање заједно са доношењем одлука је софистицирана и комплексна вештина, коју је неопходно исто тако и вештије применити у дигиталном процесу.

Велики број разговора води ка тимском раду. У суштини је по Лоусону разговор у пројектантском тиму увек био нејасан, па чак и у оквиру једног ума.<sup>196</sup> Преговарање о проблему и решењу се водило кроз речи и слике заједно као снажан речник пројектовања. Слика је увек била нешто између ствари и речи. Реаговање пројектаната је увек било јаче према ситуацији – цртежу. У случају дигиталног пројектовања, решења су производ кодирања, тако да је реакција избора опет у правој форми слике. Различите врсте цртежа се користе за различите употребе, тако да се у овом случају даје блага предност кодирању, пошто се једноставном манипулацијом добија управо жељена врста визуелизације – слике или цртежа (слика 81). Велики број разговора је у оквиру тима.

Брза итерација у низу покреће еволуцију идеје, али је редослед операција који даје флуидан и агилан. Замислите да однос моделирања може да подржи такав редослед. Понекад бољи приступ форми може бити да се користе симулације засноване на физици. Геометрија је и даље употребљива као средство описа, а не као суштина саме форме. Већ смо прешли границу између неколико дисциплина, због чега треба да се игра *архитектура као тимска игра* и ангажује различити сет вештина у новим комбинацијама.<sup>197</sup>

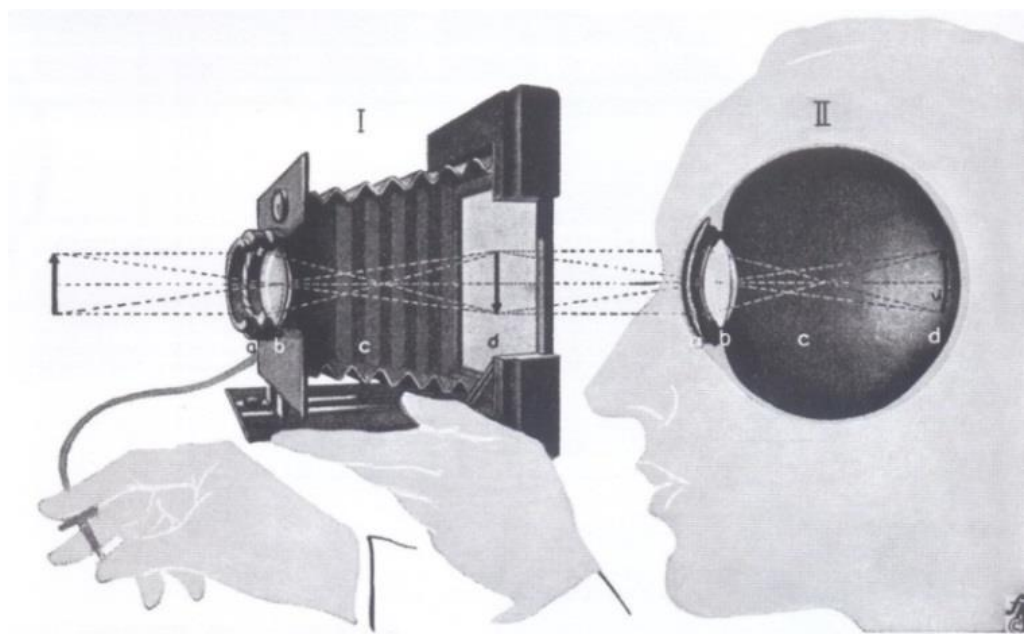
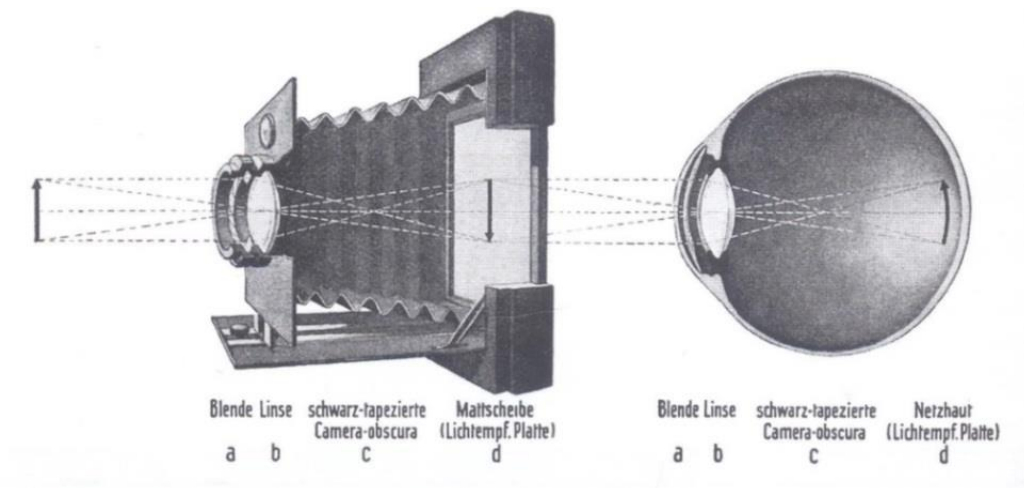
Технологија има потенцијал да трансформише не само начин на који радимо ствари, него и оно што ми радимо. Док су се значајни увиди стекли од раних пројеката, они су и постављање темеља за доба када би програмирање постало уобичајено место и генеративни дизајн ће ићи брзо из нише у главни правац. Постојала је прогресија од параметарског до рачунарства помоћу алгоритама процедура.<sup>198</sup>

---

<sup>196</sup> Bryan Lawson, *What designer know* (New York: Routledge, 2004), 89–90.

<sup>197</sup> Brady Peters, Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley), 232–241.

<sup>198</sup> Brady Peters, Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley), 232–241.



Слика 81: Визуелни систем у технологији и природи (енгл. The visual system in technology and nature, 1931)

Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 172.

Интелигентност машине увек захтева и ауторску флексибилност, али и доминантност и сигурност лидерске позиције. Да бисмо променили архитектонску стварност у циљу развоја и унапређења, првенствено морамо радити на себи, не ослањајући се само на таленат. Константна мера прожимања интелигенције и инстинкта као базних стваралачких порива је истовремено и циљ и средство реализације у смислу стварања архитектуре.



Неопходне људске активности у „*дигиталном ланцу*“ су емоција, комуникација и координација базирана на логици. У основи свега је интелектуално биће – човек.

Нема интелигенције где се не налазе трагови инстинкта, нити нарочито инстинкта који не би био окружен једном ресом интелигенције. Баш ова реса интелигенције што окружава инстинкт била је узрок толиких заблуда. Из тога што је инстинкт увек више-мање интелигентан, закључило се да су интелигенција и инстинкт ствари истог реда, да између њих постоји само разлика у сложености и савршености, и нарочито да се свако од њих може изразити изразима другог. У ствари, они су у вези само зато што се допуњују, а допуњују се само зато што су различити, јер оно што је инстинктивно у инстинкту, супротно је оном што је интелигентно у интелигенцији.<sup>199</sup>

Рецимо да ће разлике које ћемо поставити бити сувише оштре, и то баш зато што ми хоћемо да дефинишемо код инстинкта оно што је инстинктивно у њему, а код интелигенције оно што је интелигентно, док је стварно сваки конкретан инстинкт помешан са интелигенцијом и свака конкретна интелигенција прожета инстинктом. Штавише, ни интелигенција ни инстинкт нису подесни за сувише строге дефиниције. То су тенденције, а не готове ствари.<sup>200</sup>

Што се тиче људске интелигенције, није се довољно запазило да је механичко проналажење у почетку било њен битни поступак, да се још и данас друштвени живот креће око израђивања и искоришћавања вештачких справа, да су проналасци који обележавају пут прогреса обележили такође и његов правац. Тешко је то приметити, јер обично измене човечанства иду иза измена алата. Наше индивидуалне и друштвене навике живе доста дуго после околности за које су биле створене, тако да се дубока дејства проналаска запајају пошто смо већ изгубили из вида његову новост.<sup>201</sup>

*Компоненте пројектантске мисли*<sup>202</sup> се свде на вербалне исказе једног архитекте или архитеката међу собом, као и на *језик мисли* архитеката препознат од стране когнитивне науке. Данас архитекта поставља и комуникацију целокупне вештачке интелигенције у ланцу, утврђује је и повезује са захтевима концепта.

---

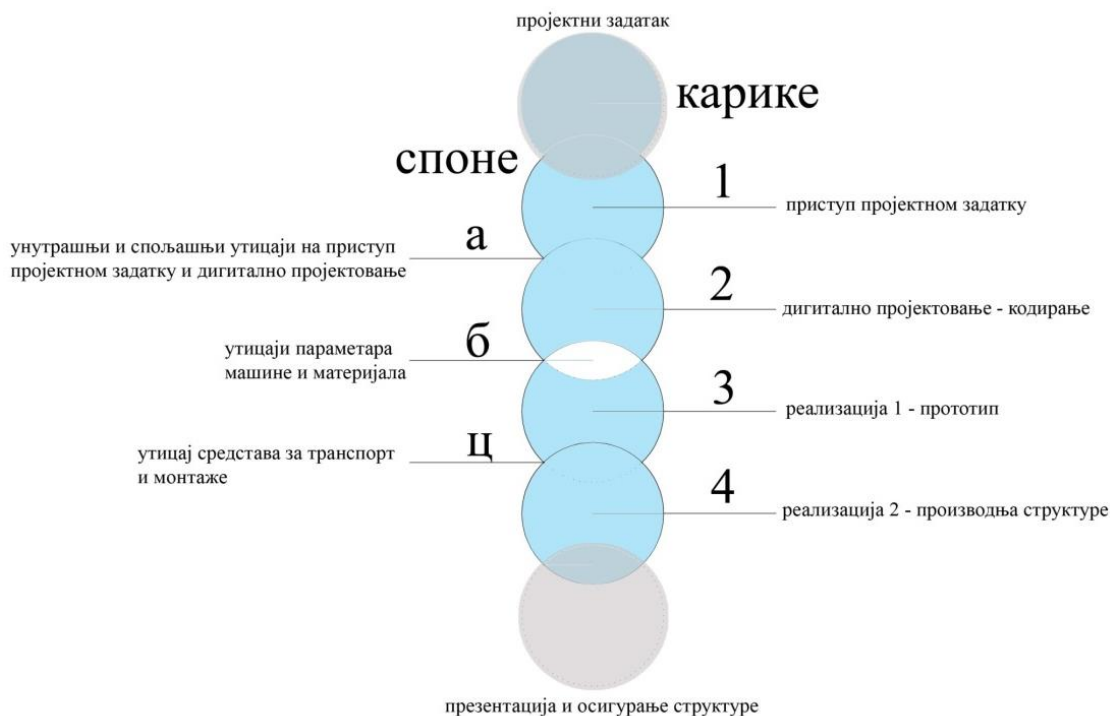
<sup>199</sup> Анри Бергсон, *Стваралачка еволуција* (Београд: Космос, 1932), 141.

<sup>200</sup> Ibid. 142.

<sup>201</sup> Ibid. 143.

<sup>202</sup> Bryan Lawson, *What designer know* (New York: Routledge, 2004), 14-15.

Комуникација је пресудан фактор „*дигиталног ланца*“, као у сваком интердисциплинарном односу (Слика 82).



Слика 82: Комуникација у „*дигиталном ланцу*“

## 6.8 Експертиза, едукација

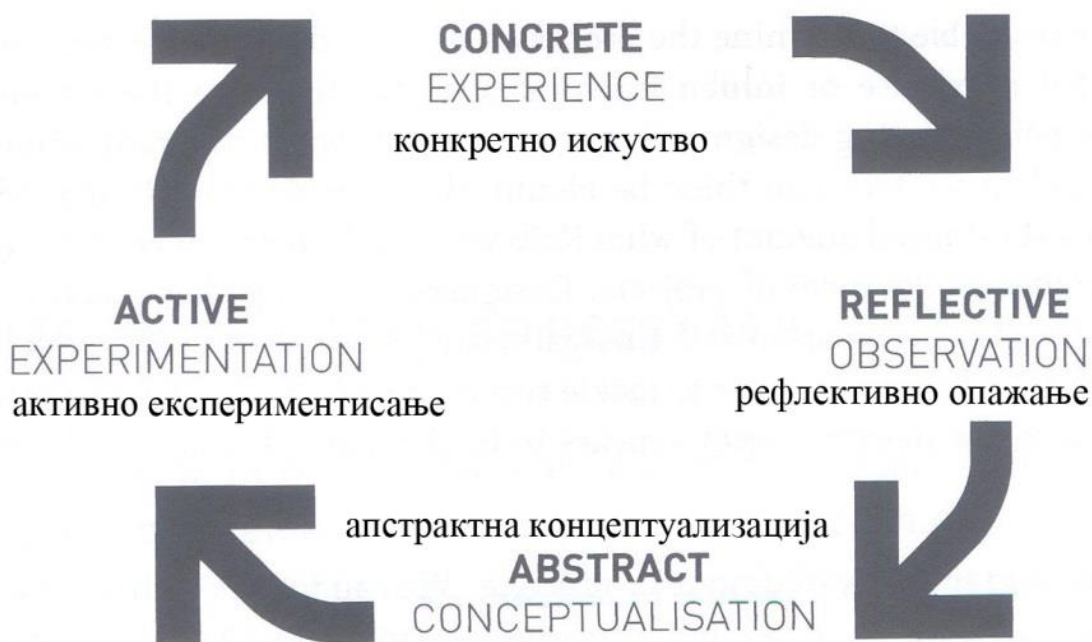
Стваралачко знање и технике се усавршавају и представљају базу „*дигиталног ланца*“ као алата. Подразумева перманентну едукацију у којој су дигиталне конференције место истраживања и учења.

Нове генерације архитеката морају да буду интелектуално агилније и у исто време осетљивије у својим интеракцијама са другим дисциплинама. То доводи до бољег разумевања њиховог језика, постојања писмености у подељеним процесима, као што је рачунарство (енгл.computation). Ту су и други важни аспекти у анализи мултидисциплинарног рада. Прво, да у интердисциплинарној поставци свако мора да има специфичне компетентности у оквиру дисциплине, пошто инжењери, архитекте, дизајнери и математичари раде заједно и интегрисано. У мултидисциплинарном контексту мора да постоји преконцептуални дисциплинарни ИЗАЗОВ за плоносан дијалог. Такође се

поставља и питање да ли је став учесника према пројекту базиран на специфичности његове дисциплине или педагошког изазова који доводи до продуктивности мултидисциплинарне средине.

По Лоусону<sup>203</sup>, учење пројектовања је могуће, али од архитеката зависи шта ће бити прихваћено, усвојено и примењено у пракси. То се нарочито односи на филозофију и историју, са оправдањем да се не предају тако да буду примењиви у пројектима пројектујући (енгл. designerly), како би рекао Најдел Крос (engl. Nigel Cross). Међутим, сви алати дигиталне архитектуре се уче управо због конкретне примене, тако да се на такав начин и предају. Са те стране гледано, искуствено и епизодно сазнање се на једноставнији начин складишти, увезује и користи у пракси.

Колб<sup>204</sup> даје ток учења архитекте, који мења позицију сазнања пројектанта током живота и који се стално понавља (Слика 83). Нове промене настају са развојем технологије и захтева.



Слика 83: Круг учења (енгл. Kolb's learning cycle)

Извор: Bryan Lawson and Kees Doorst, *Design expertise* (New York: Routledge, 2009), 283.

<sup>203</sup> Bryan Lawson, *What designer know* (New York: Routledge, 2004), 104.

<sup>204</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise* (New York: Routledge, 2009), 283.

На формално образовање лимитирано практичним тренингом се надовезује константно усавршавање и експертско сазнање.

Као што смо поменули, архитекта је експерт – неко ко има специфично знање или научену вештину везану за неку тему. „Дигитални ланац“ функционише као ланац тима експерата. Различите позиције захтевају различита знања, а целокупан процес знање комплетног процеса. Специјализација у оквиру позиције је испод стандардне специјализације. Дигиталној архитектури је неопходан тренд у рачунарском образовању – програмирању, уз практично образовање у архитектонском студију. Захтева едуковане пројектанте који раде брже, тачније и поузданије од неексперата. Раде и на другачији начин, који зависи од проналажења алтернативних начина рада како би се трансформисао начин на који се до тада радило. Они, пре свега, повезујуће размишљају, како би Гилберт Руле рекао, *мисао је највише ствар вежбе и вештине*.<sup>205</sup>

У напредовању архитеката је најбитније померање граница, што се пореди са речима Лукасена<sup>206</sup> (енгл. Jan Lucassen), где је развој архитеката сличан резултатима у спорту. Уколико спортиста не повећава циљ, неће ни напредовати. Већина архитеката достиже само сигурну границу, а после неког времена, у складу са развојем технологије, и она постаје промашај.

Архитекта мора константно да учи, са сталним размишљањем о томе да се начин учења мења, као и начин цртања, пројектовања и израде модела.

Начини како су рачунарство и архитектонско пројектовање истраживани у SG (енгл. Smartgeometries) јесу јединствени. Идеја је да се храни колаборативна средина у којој учесници осећају да било шта може да се деси.

Истраживање и знање се креира током радионица. Изазов није да се изгради истраживачко питање на које би се могло *одговорити* за четири дана, већ да се изгради линија размишљања која се могу истражити интелигентно и расправљати кроз експерименте. SG окружење је делом истраживање и делом професионално фокусирано, које изгледа да инспирише продуктивност, како учесници раде дуго у ноћ да би заправо урадили нешто као група у датом времену, да произведе неке резултате и поделе са остатком групе до краја радионице, и да раде заједно. SG не

---

<sup>205</sup> Bryan Lawson and Kees Dorst, *Design Expertise* (New York: Routledge, 2009), 88.

<sup>206</sup> Ibid. 161.

даје никакве тврдње да производи *архитектуру*. Није о форми, него се ради о томе како смо стигли до форме. SG је о техници. Ту је, наравно, много важећих начина за пројектовање и SG слави ово мноштво концепата. Уместо тога, технике и алати су развијени и тестирани. Учесници проналазе где алат има баријере, како да га мешају са другим алатима и како функционише боље. То је као грађење тркачког аутомобила – колико брзо и колико тешко можемо да гурамо ову машину, а не како лепо можемо да га возимо.

SG је заснован на претпоставци да први принцип истраживања геометрије у односу на пројектантску намеру може да се користи за унапређење архитектонског пројектовања. Развој, дискусија и ширење ових истраживања технике имају централно место у SG радионицама и конференцији. SG окружење истражује то кроз параметарско пројектовање, рачунарско програмирање, дигиталну фабрикацију, интерактивно пројектовање, симулацију и оптимизацију. Обим ових приступа се повећава у сваком годишњем догађају. SG је, и наставља да буде, место где се ови концепти расправљају, тестирају и критички рефлектују, али и место где је то знање креирано. Место је за пројектовање, кодирање и реализацију.<sup>207</sup>

Основни задатак архитекте је едукација и праћење технологије у смислу не само личног образовања, него и као задатак архитеката у смислу унапређења архитектонског процеса. Садашњи и будући архитектонски процес је незамислив без технологије у смислу програмских апликација и машинских алата. Перманентна обука и усавршавање архитектата је обавезно.

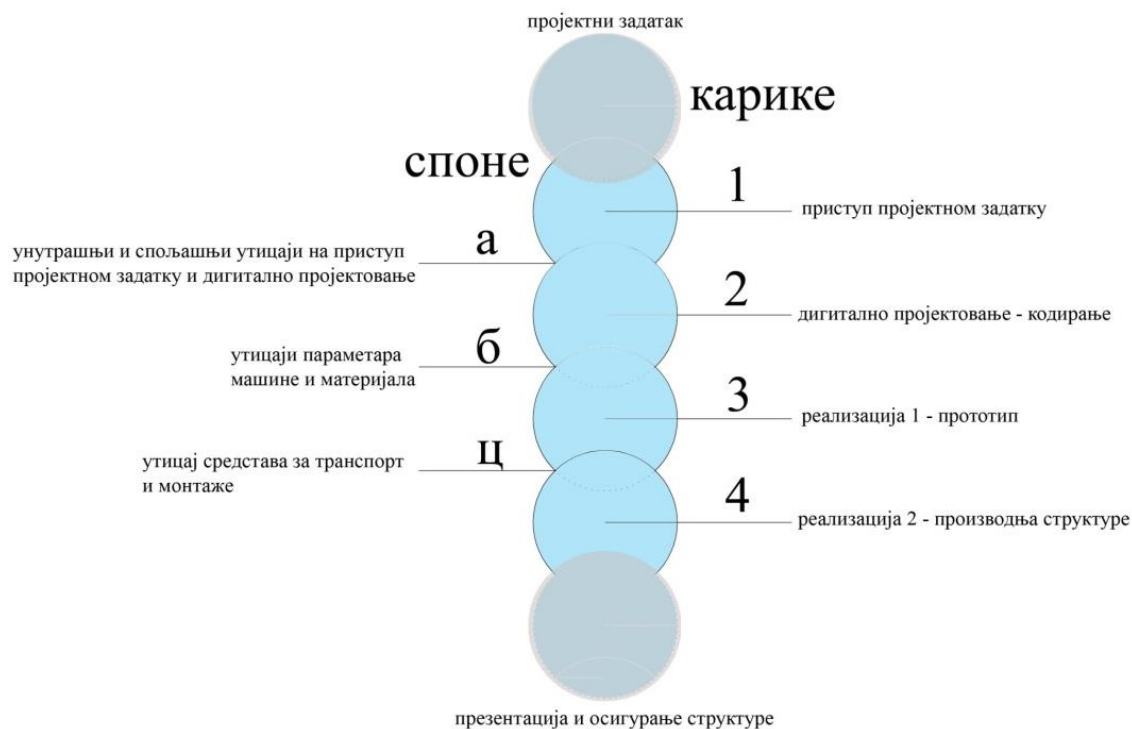
Архитекта мисли да нове технике саме по себи решавају проблеме, а не сагледавају неопходност адаптирања промена свог понашања и улоге у новом систему испостављања – предаје пројекта у свим размерама. Да би архитекта био прави лидер дигиталног процеса архитектуре, мора добро да прати све информације, које добија у току процеса.

Пројекти вођени реализацијом имају велики утицај у грађевинској индустрији, али посредан у едукацији и образовању архитектата. Архитектура је једина инжењерска дисциплина, код које је решење проблема смештено између

---

<sup>207</sup> Brady Peters, Terry Petres, *Inside smartgeometry – Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (Chichester: Wiley), 8-19.

оријентисаности ка проблему и оријентисаности ка решењу. Експертиза у том правцу напредује на свим пољима (Слика 84).



Слика 84: Експертиза, едукација у „дигиталном ланцу“

### Закључак:

Са једне стране Анри Бергсон у *Стваралачкој еволуцији* каже:

Негативно, дакле, или највише у нулу требало би додати идејама да би се добило мењање. У томе се састоји Платоново *небиће*, Аристотелова *материја* – метафизичка нула која, прилепљена за Идеју, као аритметичка нула за јединицу, умножава је у простору и времену. Њим непомична и проста Идеја ломи се у једно бесконачно раширено кретање. У принципу, требало би да постоје само непромењиве Идеје, непромењиво углављене једна у другу. У ствари, материја ту додаје своју празнину и откачиње, у исти мах, свеопште постојање. Она је несхватљиво ништа које клизи између Идеја, ствара бескрајну узнемиреност и вечито неспокојство, као нека сумња увучена између два срца која се воле. Умањите непромењиве идеје: ви ћете добити, самим тим, непрестани ток ствари. Идеје или Облици без сумње су целокупна интелигибилна стварност, то јест

целокупна истина, јер оне уједињене представљају теоријску равнотежу бића. Што се тиче чулне стварности, она је само бесконачно клађење око ове равнотеже.<sup>208</sup>

Управо ова Бергсонова поставка идеја нас води ка идеји као почетку процеса и неминовности почетне, директивне и највише позиције архитекте, која није променљива у смислу несигурности става, већ је променљива у смислу њеног унапређења, а заснива се на љубави према професији, према стваралаштву и према делу. Са друге стране Момо Капор даје опозит:

Људи могу измислити каква год хоће средства и електронска чуда, али увек ће бити најважнији човек који прича, црта руком. Јер, жеђ за приповедањем или слушањем исповести или приповести потпуно је неуништива, као и љубав.<sup>209</sup>

Као и сама теза, ове две мисли представљају тренутни пресек и положај архитекте кроз призму пројектовања и обавезног односа са реализацијом архитектуре, базираног на објашњењима преклапања конвенционалног и приступа „*дигиталном ланцу*“ кроз лични и искуствени дискурс пројектанта, двојно образованог. Теза је вођена процесом пројекта, базираног на технологији и технолошки изведеним студијама на основу пројектантских захтева и интервјуа архитеката са великим двојним искуством на оба поља – конвенционалном и дигиталном, а није вођена само технологијом (Слика 85).

Специфичан вид перцепције архитектата, способних да сагледају и идеју у 2D, без било каквих средстава визуелизације, „*дигитални ланац*“ нам даје и лични удео у реалном стварању, тестирању и креирању дигиталних пројектантских апликација и алата релизације.

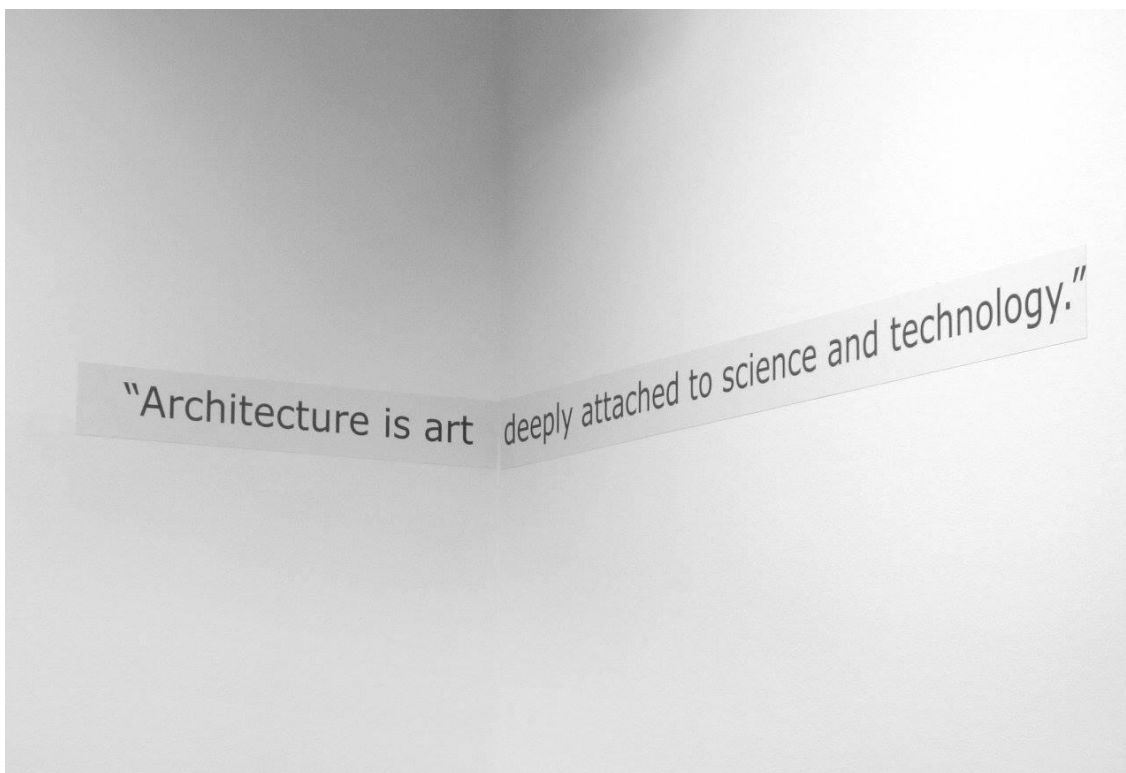
Дигитална архитектура условљава и промену стандардних димензија и мера у архитектури, то је сада архитектура великих размера и широке употребе. За разлику од конвенционалног пројектовања и реализације, сада разговарамо о, великим делом, аутоматизованом процесу са неопходним активностима и карактеристикама архитекте. Рад резултира темама умрежавања по принципима особених карактеристика неопходних у два правца – како у провери неопходности

---

<sup>208</sup> Анри Бергсон, *Стваралачка еволуција* (Београд: Космос, 1932), 292.

<sup>209</sup> Момо Капор, сликар и песник, у Интервју за *Блиц*, 2008.

архитекте тако и провери целовитости о континуалности „дигиталног ланца“ као алата новонастајуће архитектуре.



Слика 85: Простор новонастајуће архитектуре

Извор: СМ.



## ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ

### Закључци, препоруке и правци нових истраживања у релацији са хипотезама истраживања

#### Навигационе мисли:

Једном сам водио сина да гледа једну од епизода Ратова Звезда. Током неколико сцена, разни свемирски бродови и роботи опремљени са ласерима и другим средствима уништења су минирали огромне количине имовине – структуре, возила и друге роботе. На крају, након гледања уништавања, наставило се даље и даље. Поставио сам држање одраслог и шапнуо гласно, „Каква штета. Толико труда утрошено од стране хиљада људи бачено у одвод за неколико секунди. То ће потрајати месецима, ако не и година да се све обнови.“ Мој син није имао појма шта сам говорио. „Људи нису изградили ово“, рекао је он. „Роботи су то учинили.“ (енгл. *I once took my son to watch one of the episodes of Star Wars. During several of the scenes, various spacecraft and robots equipped with lasers and other means of destruction were blowing up vast amounts of property—structures, vehicles, and other robots. Finally, after watching the destruction continue on and on, I mustered a grown-up demeanor and whispered loudly, “What a shame. So much effort spent by thousands of people flushed down the drain in a few seconds. It will take months if not years to rebuild all this.” My son had no clue what I was talking about. “People didn’t build this,” he said. “Robots did.”*)

Ход Липсон (енгл. Hod Lipson, *Fabricated: The New World of 3D Printing*)

Овај рад је започет идејом дефиниције тачних позиција архитекте у процесу „*дигиталног ланца*“ и доказом његове континуалности, да би довео до закључка да је позиција архитекте управо параметар континуалности ланца као доследног система, али са могућностима, неопходношћу и основама остављања креативних делова како би архитекта опстао као кључна карика у свом систему.

Три дела контроле архитекте су дата кроз:

- стандардну проверу решења између рационалних и емоционалних услова
- проверу континуалности процеса
- проверу неопходности архитекте у процесу

Закључно, докторска дисертација даје свеобухватност и проширење дискурса архитекте у „*дигиталном ланцу*“ кроз дефинисаност особених активности и зона у којима се неопходно дешавају, базирано на дигиталним техникама и алатима у дигиталном процесу и доказано кроз едукацију и постојећа искуства архитеката дигиталне сцене, тестирањем субјекта у различитим улогама и позицијама *ланца*. Управо су то поставке процеса позиционирања архитекте, које доприносе остваривости континуитета „*дигиталног ланца*“ као приступа директног процеса сагледавања проблема и аналитичког добијања креативног решења, као својственог размишљања и оријентисаности архитекте, између инжењерског и уметничког приступа.

Значајна је улога и у перманентном усавршавању и едукацији, уз ширење (са)знања као основе дигиталне технологије.

Резултат овог рада се односи на закључак неопходности архитекте као флуида повезаности континуалности пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“, уз доминантност интердисциплинарности и карактеристика архитеката као слободне и ниједне друге професије у њеном глобалном значењу, која је сада неминовно проширена уз кореспонденцију са великим бројем дисциплина, пре свега рачунарства, машинства и електротехнике са једне стране и когнитивне науке са друге. У паралели са конвенционалним пројектовањем истичу се и неопходне карактеристике и активности архитекте као поставке његовог позиционирања у процесу пројектовања и реализације архитектуре по принципу „*дигиталног ланца*“.

## Хипотезе и закључци

*Овај рад полази од претпоставке да је архитектонски утицај у дигиталном приступу процесу пројектовања и реализације нове архитектуре промењен у односу на стандардни приступ и није јасно дефинисан.*

**Закључак:** Промена начина и приступа пројектовању и реализацији архитектуре по принципу „дигиталног ланца“ се првенствено заснива на новим активностима које се тичу креирања, организације и контроле целокупног процеса. Односе се на дигитално пројектовање – кодирање, решавање проблема ограничења машине у смислу креативности – познавање параметара фабрикације и карактеристика материјала, као и на пројектовање и креирање алата пројектовања и реализације архитектуре у циљу могућег и јасног спровођења идеје у архитектонски производ.

*Основна хипотеза је да је архитектонски утицај и улога кључан фактор у било каквом приступу пројектовању и реализацији архитектуре. Као такав мора бити позициониран у смислу континуалног дигиталног приступа по принципу „дигиталног ланца“, по питању креирања и контроле идеје, процеса и реализације архитектонског производа у задатим комплексним условима помоћу рачунарски контролисане узајамне повезаности међу његовим компонентама.*

**Закључак:** „Дигитални ланац“ није континуалан без позиција архитекте, које се мењају како се мења дигитална технологија, тј. целокупан процес ланца. Карактеристика тренутне увезаности позиционирања архитекте и принципа „дигиталног ланца“ јесте да се међусобно паралелно развијају, а укрштају на местима пресека елемената ланца – *карика и спона*.

Позиција архитекте је и комуникациона и повезујућа, са јасном намером, избором и одлуком, а пре свега присутна на местима инстикта, интуиције и емоције – идеје и пројекције процеса – сагледавања организације, координације и контроле одвијања архитектонског ланца у циљу сагледавања и реализације осмишљеног архитектонског производа, као и непходне креативности и флексибилности пројекта и процеса. Остале позиције су позиције контроле процеса, као и чланова тима, захтева корисника (енгл. user input) и манифестовања утицаја машине и материјала. Позиционирање архитекте се остварује и експертизом и едукацијом у

правцу дигиталног приступа. Позиционирање архитектке начелно поставља његове особене карактеристике и процес, а њихове позиције се мењају у складу са напредовањем процеса и начина фабрикације.

*Надовезује се на полазну хипотезу непостојања директне повезаности пројектовања и реализације новонастајуће архитектуре у стандардном процесу пројектовања и употребу процеса „дигиталног ланца“ као архитектонски контролисаног приступа, који би постојећи јаз превазишао.*

**Закључак:** Паралелни развој и унапређење континуалног ланца и архитектонских позиција, контролисање свих утицаја, и спољних и унутрашњих, као и креирање алата пројектовања и реализације у циљу су унапређења директног превазилажења јаза, а уједно и технолошког развоја. Заправо, тестирањем „дигиталног ланца“ у смислу дигиталних техника пројектовања и реализације, примера из архитектонске праксе, искуства и едукације и провере неопходности архитектке, доказано је да је архитекта неопходни повезујући фактор – флуид или енергија делова принципа „дигиталног ланца“ и услов његове континуалности.

*Овај рад је заснован и на претпоставци да ће успостављање контролисаних места „дигиталног ланца“ од стране архитеката допринети убрзавању смислене примене технологије у архитектури, а самим тим и унапређењу пројектне и производне методологије засноване на поверењу и сигурности архитеката у технолошке иновације.*

**Закључак:** Студије примера из архитектонске праксе са производом контролисане и осмишене архитектуре и примесама производње масовног прилагођавања детаља, који је комплексан, а уједно се једноставно изводи, представљају примењене резултате програмираних фасада са новим функционалним или енергетским захтевима или деловима ентеријера. Архитекта је истовремено креатор процеса, процесних и производних средстава и производа. Кључне тачке идеје и контроле, као и одређивање параметара кодирања и целог процеса, јесу у рукама архитектке који познаје процес и прати његов развој.

*Полазне хипотезе су базиране на оквирима комплексности савремених услова, потреба и захтева, као и комплексности процеса пројектовања, које*

укључује континуалну употребу процеса „дигиталног ланца“ са CAD/CAM технологијом за пројектовање и реализацију архитектуре.

**Закључак:** Комплексност захтева пројектовања условљава и комплексност дигиталног пројектовања – кодирања и реализације, али не искључује организовано једноставне процесе и једноставност производа. Неопходна карактеристика данашњих и будућих архитеката је спремност на експериментисање и тестирање процеса и производа преко прототипа, као и усавршавање на пољу дигиталног образовања у паралели са конвенционалним архитектонским процесом у виду базе за даљи технолошки развој у пројектовању и реализацији архитектуре.

## Правци нових истраживања

Правци нових истраживања се отварају на научном пољу редефиниције „дигиталног ланца“ у смислу дефинисања тачних позиција архитекте уз детаљнију студију архитектонског утицаја у деловима „дигиталног ланца“, као и у детаљнијем позиционирању архитекте у смислу активности и карактеристика улоге у процесу пројектовања и реализације архитектуре по дигиталним принципима.

Стандардизација архитектонског образовања одвија се у смислу усвајања дигиталних принципа пројектовања као могућност избора будућих архитеката, а у циљу усавршавања везе између пројектовања и реализације .

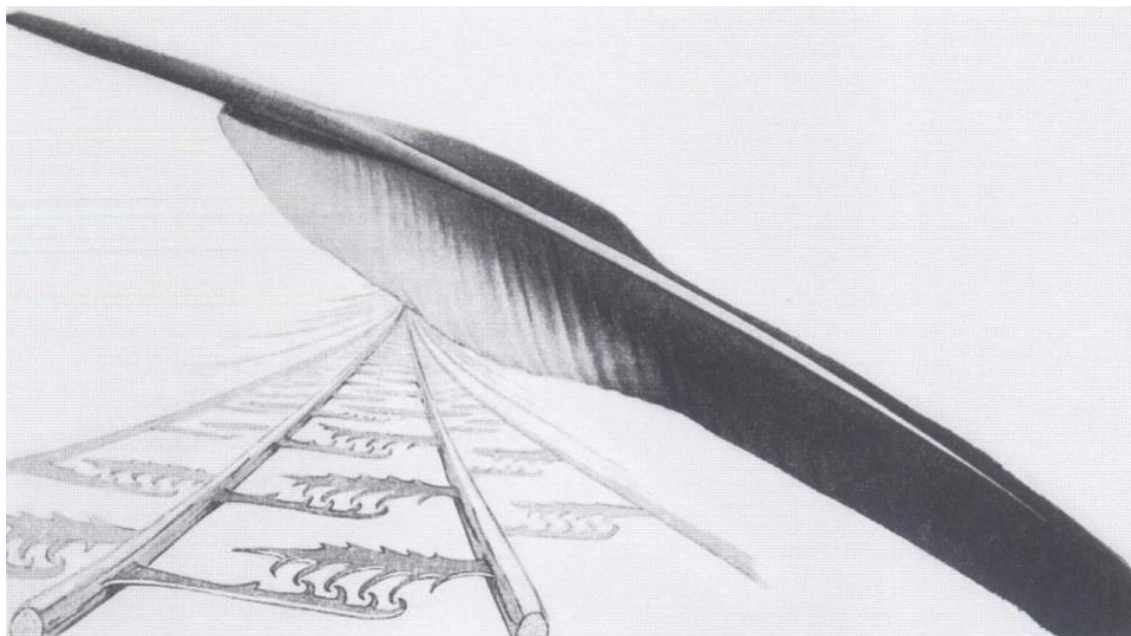
Истраживања су отворена и у домену директне везе између дигиталног пројектовања и реализације у смислу транслације кода од пројектовања ка машини, као и креирања нових и унапређења постојећих апликативних и производних дигиталних алата.

У архитектонској пракси су отворени изазови за експериментисање и активацију по принципу „дигиталног ланца“ као директне везе са новим дигиталним машинама и материјалима у комбинацији са дигиталним пројектовањем – кодирањем у оквиру променљивих и програмираних флексибилних простора као урбанистичких система у којима блок постаје

архитектура (кућа), тј. кућа постаје блок, и других примера новонастајуће архитектуре.

Умрежавање свих резултата ланчано у релацији са умрежавањем интелигенције, као почетак приче о количини енергије у артифицијелној средини, јесте допринос савременој пракси у циљу развоја односа архитектуре и технологије.

...ум је свестран у развијајућу новог медија као одговора ка својим интуитивним потребама, а несумњива окрутност тренутног интерфејса човек - рачунар ће све више постати симбиоза са нашим развојем размишљања. (engl. ... *the mind is versatile in evolving new media in response to its intuitive needs, and doubtless the crudity of current man-computer interfaces will increasingly become symbiotic with our evolving thinking.*) (Mark Goulthorpe)



Слика 86: Сложена структура пера – структура архитектонског ланца (енгл. The feather, 1952)

Извор: Uta von Debschitz & Thilo von Debschitz, *Fritz Kahn* (Koeln, Taschen, 2013), 260.

## БИБЛИОГРАФИЈА (ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА)

ПРИМАРНИ ИЗВОРИ, СЕКУНДАРНИ ИЗВОРИ, ПУБЛИКОВАНА ДЕЛА  
(библиографске јединице су наведене по азбучном реду)

- Aish, Robert. "From intuition to precision." *AA Files*, 52 (2005): 62-63
- Alexander, Christopher, Sara Ishikawa, and Murray Silverstein. *A pattern languages, which generates multi-service centres*. 1<sup>st</sup> ed. USA: Oxford University Press, 1977
- Aranda, Benjamin, and Chris Lasch. *Pamphlet Architecture 27: Tooling*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Princeton Architectural Press, 2005
- Auger, Boyd. *Der Architekt und der Computer*. 1st ed. Stuttgart: Verlag Gerd Hatje, 1972
- Beesley, Philip, Sachiko Hirose, Jim Ruxton, Marion Trankle, and Camille Turner. *Responsive Architectures: Subtle Technologies*. 1<sup>st</sup> ed. Halifax: Riverside Architectural Press, 2006
- Beorkrem, Christopher. *Material Strategies in Digital Fabrication*. New York: Routledge, 2012
- Бергсон, Анри. *Стваралачка еволуција*. Београд: Космос, 1932
- Brell-Cokcan, Sigrid, and Johannes Braumann. *Rob-Arch 2012 - Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design*. Berlin: Springer, 2013
- Burkhard, Remo A. *Knowledge visualization*. PhD diss. Zuerich: ETHZ, 2005
- Burry, Jane. *The Mathematics Architecture*. London: Thames & Hudson, 2012
- Burry, Marc. *Scripting Cultures - Architectural Design and Programming*. London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2011
- Вентури, Роберт. *Сложености и противречности у архитектури*. Београд: Грађевинска књига, 2003
- Вирлио, Пол. *Информатичка бомба*. Прво издање. Нови Сад: Светови, 2000
- Витрувије. *Десет књига о архитектури*. Београд: Грађевинска књига, 2003
- Gengnagel, Christoph., Alex Kilian, Norbert Palz, and Fabian Scheurer. *Computational Design Modeling: Proceedings of the Design Modeling Symposium Berlin 2011*. Berlin: Springer, 2011

- Gleiniger, Andrea, and Georg Vrachliotis (eds). *Complexity: Design Strategy and World View (Context Architecture)*. 1<sup>st</sup> ed. Boston: Birkhauser, 2008
- Gleiniger, Andrea, and Georg Vrachliotis. *Simulation: Presentation Technique and Cognitive Method (Context Architecture)*. 1<sup>st</sup> ed. Boston: Birkhauser, 2008
- Goodman, Nelson. *Languages of art*. 2<sup>nd</sup> ed. Indianapolis, Indiana: Hackett Publishing Company, 1976
- Goodman, Nelson. *The structure of appearance*. 2<sup>nd</sup> ed. Indianapolis, New York, Kansas City: Bobbs-Merrill Company, 1966
- Goodman, Nelson. *The way of worldmaking*. 1<sup>st</sup> ed. Indianapolis, Indiana: Hackett Publishing Company, 1978
- Gramazio, Fabio, Matthias Kohler, and Silke Langenberg (eds). *Fabricate*. Zuerich: ETHZ, 2014
- Groák, Steven. *The idea of building: thought and action in the design and production of buildings*. London: Spon Press, 1992
- Groover, Mikell P., and Emory W. Zimmers, Jr. *CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing*. 1<sup>st</sup> ed. New Jersey: Prentice/Hall International, 1984
- De Kestelier, Xavier, and Brady Peters. *Computation Works Building Algorithmic Thought AD*. London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2013
- Debschitz, Uta Von, Thilo Von Debschitz, and Steven Heller. *Fritz Kahn*. Koeln: Taschen, 2013
- Делез, Жил. *Покретне слике*. Сремски Карловци, Нови Сад: Издавачка књижарница Зорана Стојановића, 1998
- Department of Architecture, ETH Zuerich (ed.). *Inventioneering Architecture Switzerland*. Zuerich: ETHZ, 2005
- Duffy, Francis, and Les Hutton. *Architectural knowledge: the idea of a profession*. 1<sup>st</sup> ed. London, New York: E&FN Spon, 1998
- Еко, Умберто. *Естетика и теорија информације*. Прво издање. Београд: Просвета, 1977
- Еко, Умберто. *Култура, информација, комуникација*. Прво издање. Београд: Нолит, 1977
- Iwamoto, Lisa. *Digital Fabrications - Architectural and Material Techniques*. New York: Princeton Architectural Press, 2009



- Engeli, Maia. *Bits and Spaces*. 1st ed. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2001
- Зеви, Бруно. *Како гледати архитектуру*. Прво издање. Београд, Орган клуба младих архитеката, 1966
- Jencks, Charles, and Karl Kropf. *Theories and Manifestoes of contemporary architecture*. 1st ed. Chichester: Wiley-Academy, 1997
- Kolarevic, Branko. *Architecture in the digital age: Design and manufacturing*. 1st ed. New York: Spon press, 2005
- Kolarevic, Branko. *Performative Architecture: Beyond Instrumentality*. New York: Routledge, 2003
- Koutamanis, Alexander, Harry Timmermans, and Ilse Vermeulen. *Visual Database in architecture*. 1st ed. Aldershot: Avebury, 1995
- Kuehn, Christian. *Typologie und caad*. 1st ed. Braunschweig: Viewg Friedr.+ Sohn Verlag, 1998
- Lawson, Bryan, and Kees Dorst. *Design expertise*. New York: Architectural press, Routledge, 2009
- Lawson, Bryan. *What designers know*. 1st ed. New York: Architectural press, Routledge, 2004
- Lawson, Bryan. *The language of space*. 1st ed. Oxford: Architectural press, 2001
- Lawson, Bryan. *How designers think*. 4th ed. New York: Architectural press, Routledge, 2005
- Leach, Neil. *Rethinking architecture a reader in cultural theory*. 1st ed. London: Routledge, 1997
- Leach, Neil. *Designing for a digital world*. 1st ed. Chichester: Wiley-Academy, 2002
- Liu, Kun. *On chain coding of line drawings*. Delft, Netherlands: Delft University Press, 1992
- Lynn, Greg. *Archeology of the Digital*. Berlin: Sternberg Press, 2014
- Lynn, Greg. *Composites, Surfaces, and Software: High Performance Architecture*. New Haven: Yale School of Architecture, 2011
- Madrazo, Leandro. *The concept of type in architecture*. PhD diss. Zuerich: ETHZ, 1995
- Maeda, John. *Maeda@Media*. 1st ed. London: Rizzoli International Publications, 2001
- Manovich, Lev. *The language of new media*. 1st ed. Massachusetts: MIT Press, 2001

- Марковић, Слађана. "Процес "дигиталног ланца" у пројектовању и реализацији архитектуре." Магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009
- Марковић, Слађана. *Водич кроз процес "дигиталног ланца" у архитектури / The guide through the process of the "digital chain" in architecture.* Београд: Задужбина Андрејевић, 2013
- Menges, Achim, and Sean Ahlquist. *Computational Design Thinking.* London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2013
- Menges, Achim. *Material Computation Integration Morphogenetic Design Architectural Design.* London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2012
- Mitcham, Carl. *Philosophy and technology.* 1<sup>st</sup> ed. New York: Free press, 1983
- Mitcham, Carl. *Thinking through technology: The path between engineering and philosophy.* Chicago: University of Chicago Press, 1994
- Mitchel, William. *Digital design media.* 1<sup>st</sup> ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991
- Mitchel, William. *The logic of architecture.* 1<sup>st</sup> ed. Cambridge, London: MIT press, 1990
- McLuhan, Marshall, and Lewis H. Lapham. *Understanding Media: The Extensions of Man.* Corte Madera: Gingko Press, 2003
- McCullough, Malcolm. *Digital ground: Architecture, Pervasive Computing, and Environmental Knowing.* London: MIT press, 2004
- Oxman, Rivka, and Robert Oxman. *The New Structuralism Design, Engineering and Architectural Technologies.* London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2010
- Peters, Terri, Brady Peters. *Inside Smartgeometry - Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design.* London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2013
- Puglisi, Luigi P. *Hyper architecture.* 1<sup>st</sup> ed. Basel: Birkhaeuser, 1999
- Ravi, Jain, John Werth, and James C. Browne. *Input / output in parallel and distributed computer systems,* 1<sup>st</sup> ed. Boston: Kluwer, 1996
- Sakamoto, Tomoko, and Albert Ferre (eds.). *From Control to Design – Parametric / Algorithmic Architecture.* New York: Actar-D, 2008
- Sanders, Ken. *The Digital Architect: A Common Sense Guide to Using Computer.* 1<sup>st</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1995

Светел, Игор. „*Рачунарски модел процеса идејног архитектонског пројектовања: теоријске основе и имплементација.*“ Докторска дисертација. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2002

Sevaldson, Birger. *Developing digital design techniques*. 1<sup>st</sup> ed. Oslo: Oslo school of architecture and design, 2005

Szalapaj, Peter. *CAD Prinziplles for Architectural Design*. 1<sup>st</sup> ed. Oxford: Architectural Press, 2001

Szalapaj, Peter. *Contemporary architecture and the digital design process*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Architectural Press, 2005

Semper, Gottfried. *Style in the technical and tectonic arts*. Los Angeles: Getty Research Institute, 2004

Simon, Herbert. *The science of artificial*. 3<sup>rd</sup> ed. Massachusets: MIT Press, 1996

Smith, Elizabeth A.T. *Techno Architecture*. 1<sup>st</sup> ed. London: Thames&Hudson, 2000

Solomon, Jonathan. D., Emily Abruzzo, and Eric Ellingsen. *Models: 306090 11 (306090)*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Princeton Architectural Press, 2008

Spiller, Neil. *Drawing Architecture AD*. London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2013

Steele, James. *Architecture and computers*. 1<sup>st</sup> ed. Hong Kong: Laurence King publishing, 2002

Steel, James. *Architecture in Process*. 1<sup>st</sup> ed. London: Academy editions, 1994

Sheil, Bob. *Manufacturing the Bespoke: Making and Prototyping Architecture*. London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2012

Sheil, Bob. *Protoarchitecture: Analogue and Digital Hybrids*, London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2008

Sheil, Bob. “*Transgression from drawing to making.*” *Architectural design*, 9 (2005): 21-32

Sheil, Bob. *High Definition: Zero tolerance in Design and Production*. London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2014

Schmitt, Gerhard. *Information Architecture*. 1<sup>st</sup> ed. Basel, Boston, Berlin: Bürkhäuser, 1999

Schodek, Daniel, Martin Betchthold, Kimo Griggs, Kenneth M. Kao, and Marco Steinberg. *Digital design and manufacturing*. 1<sup>st</sup> ed. Hoboken: Wiley, 2004

- Schumacher, Patrik. *The Autopoiesis of architecture*. Chichester: Wiley, 2011
- Terzidis, Kostas. *Algorithmic Architecture*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Architectural Press, 2006
- Terzidis, Kostas. *Expressive forms – a conceptual approach to computational design*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Spoon Press, 2003
- Fonatti, Franco. *Elementare Gestaltungsprinzipien in der Aearchitektur*. 1<sup>st</sup> ed. Wien: Buch und Kunstverlag Ges.m.b.H., 1982
- Freksa, Christian, Christopher Habel, and Karl. F. Wender. *Spatial cognition*. 1<sup>st</sup> ed. Berlin: Springer, 1998
- Freksa, Christian, Wilfried Brauer, Christopher Habel, and Karl. F. Wender. *Spatial cognition II*. 1<sup>st</sup> ed. Berlin: Springer, 2000
- Freksa, Christian, Wilfried Brauer, Christopher Habel, and Karl. F. Wender. *Spatial cognition III*. 1<sup>st</sup> ed. Berlin: Springer, 2003
- Freksa, Christian, Wilfried Brauer, Christopher Habel, and Karl. F. Wender. *Spatial cognition IV*. 1<sup>st</sup> ed. Berlin: Springer, 2005
- Фремington, Кенет. *Модерна архитектура: критичка историја*. Прво издање. Београд: Орион, 2004
- Hauschild, Moritz, and Ruediger Karzel. *Detail practice - Digital Processes – Planning, Design, Production*. Muenich: Institut fuer internationale Architektur – Dokumentation GmbH&Co. KG, 2011
- Hensel, Michael, Achim Menges, and Michael Weinstock. *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*. 1<sup>st</sup> ed. Seattle: Academy Press, 2006
- Hovestadt, Ludger. *Architecture and Information MAS 2012*. Zuerich: ETHZ, 2012
- Hovestadt, Ludger. “Generatives Entwerfen.” ARCH + Entwurfsmuster, 189 (2008): 52-54
- Hovestadt, Ludger. “Strategies for raster’ overcoming.” Archithese, 4 (2006): 76-85
- Hovestadt, Ludger. “Überwindung des Rasters.” ARCH + Entwurfsmuster, 189 (2008): 10-12
- Hovestadt, Ludger, and Vera Bühlmann (Eds.). *Eigen Architecture Computability as Literacy - Applied Virtuality Book Series, vol. 6*. Vienna: AMBRA, 2014
- Hovestadt, Ludger, and Vera Bühlmann. *SHEAVES*. Vienna: AMBRA, 2013
- Хокинг, Стивен. *Кратка повест времена*. Београд: Издавачки атеље Соларис, 1996

- Holm, Ivar. *Ideas and beliefs in architecture and industrial design*. 1<sup>st</sup> ed. Oslo: Oslo School of architecture and design, 2006
- Callicott, Nick. *Computer - Aided Manufacture in Architecture - The Pursuit of Novelty*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Architectural Press, 2001
- Caneparo, Luca. *Digital Fabrication in Architecture, Engineering and Construction*. Berlin: Springer, 2011
- Carpo, Mario. *Digital Turn Architecture 1992-2012*. London: AD Architectural Design, John Wiley and Sons, 2012
- Conley, Verena A. *Rethinking Technologies*. Minneapolis: University of Minesota Press, 1993
- Critical Art Ensemble (ed): *Digitalni partizani (izbor tekstova)*. Prvo izdanje. Beograd: Centar za savremenu umetnost, 2000
- Cross, Nigel, Henry Christians, and Kees Drost (eds). *Analyzing design activity*. 1<sup>st</sup> ed. Chichester: Wiley, 2001
- Cross, Nigel. *Design Studies*. Oxford: Elsevier, 2004
- Cross, Nigel. *Designerly ways of knowing*. Basel: Birkhaeuser, 2007
- Cross, Nigel. *Engineering design methods*. 3<sup>rd</sup> ed. Chichester: John Wiley and Sons, 2000
- Џенкс, Чарлс. *Модерни покрети у архитектури*. Четврто издање. Београд: Грађевинска књига, 1990
- Winter, Friedrich G. *Planung oder Design?*. 1<sup>st</sup> ed. Ravensburg: Otto Maier Verlag, 1972

#### ПРИМАРНИ ИЗВОРИ / ЕЛЕКТРОНСКИ ИЗВОРИ

Оригинална пројектна фотографска документација и дигитализована архивска грађа

1. Архива СААД катедре, ЕТНЗ (пројектна документација, научни радови, студентски радови, објављени радови, прототипски и реализовани радови, образовна методологија, и др.), приступљено 06.05.2016,  
<http://www.caad.arch.ethz.ch/blog>

2. CAAD MAS Course 2005-2006, *Group Master Thesis*, ETHZ, 2006, приступљено 06.05.2016, <http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/MAS0506/WebHome.html>
3. Booklets, приступљено 06.05.2016.,  
(<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/Extern/CaadBooklets.html>)
4. Architecture :: bend - the human chain :: 1, YouTube LLC, MeVersteeg, 2006, приступљено 06.05.2016,  
[http://www.youtube.com/watch?v=rJ1JK\\_aCQug](http://www.youtube.com/watch?v=rJ1JK_aCQug), приступљено 06.05.2016,
5. Architecture :: bend - the human chain :: 2, YouTube LLC, MeVersteeg, 2006, приступљено 06.05.2016,  
[http://www.youtube.com/watch?v=tkpBfinMQ\\_4](http://www.youtube.com/watch?v=tkpBfinMQ_4),
6. Architecture :: bend - the human chain :: 3, YouTube LLC, MeVersteeg, 2006, приступљено 06.05.2016,  
<http://www.youtube.com/watch?v=BQPJXBilTI&feature=related>
7. 3D printed house, приступљено 04.05.2014, <http://inhabitat.com/12000-square-foot-3d-printed-mansion-pops-up-in-china/>
8. The printed house, coming soon, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.theglobeandmail.com/life/home-and-garden/architecture/the-printed-house-coming-soon/article24432799/>
9. What is CNC laser cutter?, приступљено 04.05.2016,  
<http://www.apa21.org/2013/09/what-is-cnc-laser-cutter/>
10. KIMC, ARLINGTON, VA, USA, приступљено 04.05.2016,  
[http://eventscape.net/index.php/projects\\_/projects\\_single/kimc](http://eventscape.net/index.php/projects_/projects_single/kimc)
11. TICKER TAPE PARADE, приступљено 04.05.2016,  
[http://eventscape.net/index.php/news\\_/ticker\\_tape\\_parade](http://eventscape.net/index.php/news_/ticker_tape_parade)
12. Laser cut textile facade, приступљено 04.05.2016,  
<http://mocoloco.com/laser-cut-textile-facade-by-ida-thonsgaard/>
13. Sebastien Lucas, Panneau metal avec decoupe laser, приступљено 27.04.2016,  
<https://www.flickr.com/photos/sebastienlucas/14194537437/in/photostream/>
14. Hole Lot of Sense: smart uses for perforated façades and partitions, приступљено 27.04.2016, <https://www.architonic.com/en/story/alyn-griffiths-hole-lot-of-sense-smart-uses-for-perforated-facades-and-partitions/7000629>
15. Pump up my chair, приступљено 04.05.2016,

<http://www.caad.arch.ethz.ch/wiki/Events/PumpUp>

16. Fidu, volumetric expansion – Oscar Zieta, приступљено 04.05.2016,

<http://www.matterofstuff.com/fidu-volumetric-expansion-oskar-zieta/>

17. Zieta – Who we are, приступљено 04.05.2016, <http://zieta.pl/who-we-are/>

18. DFAB About, приступљено 10.03.2009,

<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/about/index.html>

19. Acoustic Bricks, ETH Zürich, 2012-2014, приступљено 05.05.2016,

<http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/229.html>

20. Gantenbein Vineyard Facade, Fläsch, Switzerland, 2006, приступљено

05.05.2016, <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/52.html>

21. 3D print canal house, приступљено 05.05.2016,

<http://3dprintcanalhouse.com/>

**ПРИЛОГ 1: Термиолошки речник референтних полазишта „дигиталног ланца“<sup>210</sup>**

---

<sup>210</sup> Слађана Марковић, „Процес дигиталног ланца у пројектовању и реализацији архитектуре“ (магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009), 11-21.



## **ТЕРМИНОЛОШКИ РЕЧНИК референтних полазишта „дигиталног ланца“ (допуњен у складу са темом докторске дисертације)**

У циљу објашњења процеса „дигиталног ланца“ представљамо прво *културу* мисли и термина, која се појављује у оквиру њега. Овде су укључене речи, које припадају и дефинисане су у оквиру опште архитектуре, али је важно да се позовемо на њих као део процеса „дигиталног ланца“, као и речи, које у контексту архитектуре и дигиталне технологије, нису у општем смислу значења.

### **Архитектура**

*„Уметност или наука грађења или конструктивних структура било које врсте људске употребе. Везано са овом генералном применом, архитектура се дели на грађевинску, црквену, приморску, војну, које се односе на куће и друге грађевине (нпр. мостови) свакодневне употребе, цркве, шипови, бране. Повремено се архитектура везује једнострано за фину уметност.*

*Акција или процес грађења, арх.*

*Специјални метод или 'стил' у смислу како су детаљи, структура и орнаменти зграде креирани.*

*Концептуална структура и пре свега логичка организација рачунара и рачунарски – заснованих система са тачке гледишта њиховог коришћења или пројектовања, практична реализација тога.“*

[http://www.wordinfo.info/words/index/info/view\\_unit/2391](http://www.wordinfo.info/words/index/info/view_unit/2391) (28.04.2009)

### **Производ**

*„Ствар произведена природом или природним процесом, такође у ширем смислу, произвести, воће.*

*То је све произведено помоћу било које акције, операције, или рада; производња, резултат.*

*То је нешто што резултира од стране операције узрока, последица, ефекат.“*

[http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view\\_results&s=product](http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view_results&s=product)

### **Принцип**

*„Порекло, извор; извор акције.*

*У општем смислу: Фундаменталан извор од кога нешто настаје, примарни елемент, снага, или закон по коме се производи или одређују појединачни резултати; сигурна база од које зависи постојање нечега; у најширем смислу узрок..*

*Основна или исконска тенденција или способност; природна или иницирана диспозиција; основни квалитет, који утврђује извор акције.“*

[http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view\\_results&s=principle](http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view_results&s=principle) (28.04.2009)

### **Дигитална архитектура**

*„Дигитална архитектура користи рачунарско моделовање, програмирање, симулацију и слику за стварање виртуелних облика и физичке структуре. Терминологија је такође*

коришћена у вези са другим аспектима архитектуре који карактеришу дигиталну технологије. Новонастајуће поље није јасно описано до данас, а терминологија се користи да се примени на дигитални оквир у смислу тока слике и мењања њихове појаве.“  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_architecture) (20.06.2016)

#### **Дигитално**

„Припада, представља или користи цифру или цифре.

Представља импресију направљену прстима.“

[http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view\\_results&s=digital](http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view_results&s=digital) (28.04.2009)

#### **Дигитализација**

„Дигитализација приказ једног објекта, слике, звука, документа или сигнала (обично аналогни сигнал) генерисањем низа бројева који описују дискретан скуп својих тачака или узорака. Резултат се зове дигитална репрезентација или тачније, дигитална слика, за објекат, и дигиталан облик, за сигнал. У савременој пракси, дигитализовани подаци су у облику бинарних бројева, који омогућавају рачунарску обраду и друге операције, али тачно говорећи, дигитализација једноставно значи претварање аналогног изворног материјала у нумерички формат; децимални или било који други бројни систем се може исто користити.“

<https://en.wikipedia.org/wiki/Digitizing> (20.06.2016)

#### **Дигитални дарвинизам**

„ера у којој се технологија и друштво развија брже него што се посао може природно прилагодити.“

<http://www.wired.com/insights/2014/04/digital-darwinism-disruptive-technology-changing-business-good/> (20.06.2016)

#### **Дуализам или двојство**

„(латински: *dualis* - двојан, двострук) је појам који означава да је нешто састављено од два основна чиниоца (елемента, дела, принципа и сл.)“

<https://sr.wikipedia.org/sr/%D0%94%D1%83%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%BC> (20.06.2016)

#### **Ланац**

„Серија повезаних металних карика, коришћених за извлачење или учвршћивање ствари.

Серије везаних ствари или људи.

Ланац догађаја или команди (систем у организацији, која инструкције преноси од једне особе до друге).“

Hornby, A S *Oxford Advanced learner's Dictionary of current English*, Oxford, Oxford University Press, 2000 (6<sup>th</sup> edition), p.191

#### **Конвенција**

„Конвенција је скуп договорених, предвиђених, или опште прихваћених стандарда, норми, друштвених норми, или критеријума, који често узимају облик уобичајног.“

[https://en.wikipedia.org/wiki/Convention\\_\(norm\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Convention_(norm)) (20.06.2016)

## **Концепт**

*„је апстрактна идеја или ментални симбол, типично везан са одговарајућом представом у виду језика или симбола, који означавају све објекте у задатој категорији или класи целина, интеракција, феномена или веза између њих. Концепти су апстракт у којима они изостављају разлике између ствари у њиховом окружењу, третирајући их као да су идентичне. Они су универзални и примењују се једнако за сваку ствар у њеном продужењу. Концепти су такође основни елементи планова, на исти начин су и речи основни елементи реченице. За разлику од опажања, који су основне слике индивидуалних објеката, концепти не могу бити визуелизовани. Зато што нису сами по себи индивидуална опажања, концепти су опширни и резултати од разлога. Они могу само бити мисли о или пројектовани значењем имена. Речи нису концепт. Речи су знаци за концепте.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Conceptual\\_system#Concept](http://en.wikipedia.org/wiki/Conceptual_system#Concept) (28.04.2009)

## **CNC**

*„Скраћеница за рачунарско нумеричку контролу (Computer Numerical Control), специфично у вези са рачунарским контролорима, који читају инструкције и померају алате машина.*

*... креирајући модерне рачунарско нумерички контролисане (CNC) машинске алате, који чине пројектантски процес револуционарним. У кодираним CNC системима, крај-ка-крају компоненте пројектовања су високо аутоматизоване са коришћењем CAD/CAM програма. Програм производи рачунарски фајл, који је интерпретиран да изведе команде потребне за оперисање са практичним машинама, и онда их ускладишти у оквиру CNC машине за производњу. Од када практичне компоненте могу да захтевају употребу великог броја различитих алата – бушилице, тестере, итд. – модерне машине често комбинују више алата у једној „ћелији“. У другим случајевима, велики број различитих машина су кориштене са спољашњим контролором и оператером (човек или робот), који помера компоненте од машине до машине. У неким случајевима комплексна серија корака потребна да се произведе неки део је високо аутоматизована и производи део, који је блиско прикладан оригиналном CAD пројекту.“*

<http://en.wikipedia.org/wiki/CNC> (28.04.2009)

## **Производња**

*„Акција производње, довођења испред, прављења или узроковања; чињеница услова производње, начин производње.*

*Нешто што је произведено, ствар, која резултира акцију, процес или труд.“*

[http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view\\_results&s=production](http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view_results&s=production) (28.04.2009)

## **Рапидно**

*„Рад, померање или дешавање веома брзо.*

*Долажење у оквиру кратког времена, дешавање брзо: „брзи раст“.“*

[http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view\\_results&s=rapid](http://wordinfo.info/words/index.php?v=info&a=view_results&s=rapid) (28.04.2009)

### **Рapidно стварање прототипова**

*„је аутоматска конструкција физичких објеката коришћењем фабрикације слојева слободне форме (solid freeform fabrication). Прва техника за стварање rapidног стварања прототипова постаје доступна у касним осамдесетим и користила се за производњу делова модела и прототипова. Данас, се оне користе за много шири спектар апликација и у производњи квалитетних делова у релативно малом броју. Неки скулптори користе технологију за производњу комплексних облика за уметничке изложбе.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Rapid\\_Prototyping](http://en.wikipedia.org/wiki/Rapid_Prototyping) (28.04.2009)

### **Префабрикација**

*„је пракса сакупљања компоненти структуре у фабрици или на другој производној локацији и транспорт комплетних скупова или подскупова на грађевинској локацији, где ће структура бити лоцирана. Термин је кориштен ограничи овај процес од више конвенционалне грађевинске праксе преношења основног материјала на грађевинску локацију, где су све скупине донесене.“*

<http://en.wikipedia.org/wiki/Prefabrication> (28.04.2009)

### **Технологија / Техника**

*„(Наука о занатима, од грчког τέχνη, techne - уметност, вештина, вешта рука и лoγια - наука) је скуп техника, вештина, метода и процеса коришћених у производњи робе или услуга или у остваривању циљева, као што је научно истраживање. Технологија може бити познавање техника, процеса, итд, или може бити уграђена у машине, рачунаре, уређаје и фабрике, којима се може управљати од стране појединаца, без детаљног знања о функционисању тих ствари.“*

<https://en.wikipedia.org/wiki/Technology> (20.06.2016)

### **CAM**

*„Скраћеница за рачунарски подржану производњу (Computer Aided Manufacturing), рачунарски – засновани програмски алати, који асистира у производњи и производним компонентама.*

*Рачунарски подржана производња (CAM) је у употреби рачунарски – заснованих програмских алата, који асистирају инжењерима у производњи и прототиповима производних компоненти. CAM је програмерски алат, који чини могућим производњу физичких модела коришћењем програма рачунарски подржаног пројектовања (CAD). CAM креира стварне животне верзије компоненти пројектованих у оквиру програмског пакета.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided\\_manufacturing](http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing) (28.04.2009)

### **CAD**

*„Скраћеница за рачунарски подржано пројектовање (Computer Aided Design), коришћење широког спектра алата заснованих на рачунару, који помажу инжењерима, архитектама и осталим професионалцима и њиховим пројектантским активностима.*

*Рачунарски подржано пројектовање (CAD) је употреба рачунарске технологије за пројектовање објеката, стварних или виртуелних. Пројекат геометријских модела за објекте облика, практично, је често назван рачунарски подржано геометријско пројектовање (CAGD).“*

<http://en.wikipedia.org/wiki/CAD> (28.04.2009)

### **MAYA**

*„Скраћеница за програм за креирање 3D графике*

*Је програмски пакет за врхунску финализацију у 3D рачунарској графици и 3D моделовању.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Maya\\_\(software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Maya_(software)) (28.04.2009)

### **CATIA**

*„Скраћеница за рачунарски подржану тродимензионалну интерактивну апликацију (енгл. Computer Aided Three Dimensional Interactive Application).*

*Је мулти – платформа CAD/CAM/CAE комерцијалног програмског алата, писан у C++ програмском језику. “*

<http://en.wikipedia.org/wiki/Catia> (28.04.2009)

### **JAVA**

*„Java је програмски језик, који потиче највише од своје синтаксе из C и C++ програмског језика, али има једноставнији објектни модел и неколико уређаја на нижем – нивоу.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Java\\_\(programming\\_language\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Java_(programming_language)) (28.04.2009)

### **NURBS**

*„Скраћеница за неуниформисану рационалну (Non-Uniform Rational B-Spline) је математички модел често коришћен у рачунарској графици за генерисање и презентацију кривих и површина, које нуде велику флексибилност и прецизност и у поступању и са аналитичким и облицима слободних форми.“*

<http://en.wikipedia.org/wiki/NURBS> (28.04.2009)

### **Комплексност**

*„Стање формирано од много делова, стање које је тешко разумети.“*

Hornby, A S *Oxford Advanced learner's Dictionary of current English*, Oxford, Oxford University Press, 2000 (6<sup>th</sup> edition), p.247

*„Како је дефинисано у контексту Проф. Ховештадта (Hovestadt) може бити достигнуто са три главна приступа. Први би био деформација: узимање постојеће и препознатљиве ситуације и деформација у друго стање. Пример би могао бити визуелна комплексност понављањем или количином. Други приступ је мењање типологије: узимање постојећег система са везаним објектима унутар истог и мењање типологија резултира у прихватању целог система. Пример би био трансформација троћелијског система у четвороћелијски. Трећи приступ је фокусирање на комплексност и прецизност машине. Што је прецизност машине већа, то је већа потенцијална слобода пројектовања.“*

<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/MAS0506/MAS0405Module01> (28.04.2009)

### **Програмски језици**

*„Дозвољавају дефинисање параметарских објеката, који могу бити једноставно коришћени и мењани. Програмски језици из CAD пакета садрже све информације неопходне за комплетно описивање елемената грађења као 2D CAD симбола, 3D модела и текст спецификација за коришћење у цртежима и презентацији. Многи примењиви програми укључују језике подељене према потребама корисника.“*

<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/MAS0506/MAS0405Module01> (28.04.2009)

### **Вектор Скрипт (енгл. Vector-Script)**

*„је програмски језик као компонента Вектор Воркс (Vector'Works). То је једноставан програмски језик, који синтаксно личи на Паскал (Pascal) и састоји се од програмских конструктивних делова овог језика.“*

<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/MAS0506/MAS0405Module01> (28.04.2009)

### **Параметар**

*„У рачунарском програмирању, параметар је специјална врста променљивих (енгл. variable) која се повезана са подацима, које процедура прима ка коме да оперише. Листа параметара је коначно укључена у дефиницију процедуре, тако да вредности, које су дате процедури могу бити приписане кореспонденцији параметара.*

*У већини случајева, позван помоћу вредности (енгл. call-by-value), параметар делује у оквиру процедуре као локална (изолована) копија аргумента, али у другим случајевима, нпр. позван помоћу референце (енгл. call-by-reference), аргумент снабдеван од стране позиваоца може бити деловање од стране акције у оквиру позваног програма.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Parameter\\_\(computer\\_science\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Parameter_(computer_science)) (28.04.2009)

### **Променљива**

*„симболично име са придруженом вредности и чија придружена вредност може бити преведена.*

*У рачунарском програмирању, променљива је кључна реч или фраза (идентификатор), који је повезан са вредношћу ускладиштеном у системску меморију или као једна експресија, која може евалуирати.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Variable\\_\(programming\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Variable_(programming)) (28.04.2009)

### **3D штампање (енгл. 3D printing)**

*„је једноставна форма штампања у вези са традиционалном рапидном технологијом стварања прототипова. Тростандардни објекат је креиран слојевима и повезивањем појединачних пресека и материјала. 3D штампачи су углавном бржи, више исплативи и једноставнији за коришћење него додатне технологије фабрикација. Док стварање прототипова доминира тренутном употребом, 3D штампање нуди огромне потенцијале за индивидуалну корисничку употребу.*

*Једна варијација се састоји од инкјет система штампања. Слојеви fine прашице (gипс) се селективно повезују "штампањем" везива на бази воде са инкјет главом за штампање по облику пресека одређеног CAD фајлом."*

[http://en.wikipedia.org/wiki/3d\\_printer](http://en.wikipedia.org/wiki/3d_printer) (28.04.2009)

#### **Ласерско сечење (енгл. Laser cutting)**

*„је технологија која користи ласер за сечење материјала и обично се користи у индустријској производњи. Ласерско сечење функционише усмеравањем облика материјала како да буде сечен великом снагом ласера. Материјал се затим или топи, пали или испарава при ивици са високим квалитетом површине."*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Laser\\_cutter](http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_cutter) (28.04.2009)

#### **Процедуре**

*„Такође знане као кодни упути, методи, функције (не треба бити помешано са математичким функцијама, али слично онима, које се користе у функционалном програмирању) једино садрже серију рачунарских корака, који треба да буду одрађени. Било која информација може да буде повезана у било којој тачки током програмске обраде, укључујући и остале процедуре и себе."*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Procedural\\_programming](http://en.wikipedia.org/wiki/Procedural_programming) (28.04.2009)

#### **Процедурално програмирање**

*„је понекад коришћено као синоним за заповедно програмирање (специфицирајући кораке, програм мора да досегне жељено стање). Нарочито у великим, компликованим програмима, модуларност је генерално пожељна. То може да буде достигнуто коришћењем процедура, које имају строго дефинисане канале за унос и износ и често јасна правила о томе које врсте уноса и износа су дозвољене или очекиване. Уноси су често специфицирани синтаксно у форми аргумената и износа достављених као повратне вредности. Више софистициране форме модуларности је могуће извести објектно оријентисаним програмирањем, које је новији изум."*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Procedural\\_programming](http://en.wikipedia.org/wiki/Procedural_programming) (28.04.2009)

#### **Алгоритам**

*„је завршни сет добро дефинисаних инструкција за довршавање појединих задатака, који ће, дати у иницијалном стању, прекинути кореспонденцију са препознатљивом завршницом. Алгоритми су есенцијални у рачунарској процесној информацији, зато што је рачунарски програм суштински алгоритам, који говори рачунару које специфичне кораке да предузме."*

<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/MAS0506/MAS0405Module01> (28.04.2009)

#### **Објектно оријентисано програмирање (ООП)**

*„је програмерска парадигма која користи "објекте" и њихове интеракције да пројектују апликације и рачунарске програме. Програмске технике могу укључити могућности као скривање информације, апстракција података, капсулирање, модуларност, полиморфизам и наслеђивање. То није било најчешће у развоју просечних програмских*

апликација до раних деведесетих. Многи модерни програмски језици сада подржавају ООР.“

[http://en.wikipedia.org/wiki/Object-oriented\\_programming](http://en.wikipedia.org/wiki/Object-oriented_programming) (28.04.2009)

#### **„Swarm“ интелигенција (Swarm intelligence - SI)**

*„је тип вештачке интелигенције засноване на колективном понашању децентрализованих, самостално организованих система.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Swarm\\_intelligence](http://en.wikipedia.org/wiki/Swarm_intelligence) (28.04.2009)

#### **„Swarm“ алгоритам**

*„је облик мноштва (swarm) интелигенције. Замислите рој инсеката или јато риба. Ако један види жељену путању кретања (нпр. због хране, заштите, итд.), остатак мноштва ће моћи да га брзо прати, чак и ако је неки од њих на супротној страни од њега. Са једне стране, како би се олакшало позитивно истраживање траженог простора, типично један жели да свака честица има одређени ниво “лудила” или насумичног кретања. То је моделовано од стране честица у мултидимензионалном простору, који има позицију и брзину. Ове честице се покрећу и имају две основне особености: своју меморију својих најбољих позиција и знање о најбољим позицијама мноштва. Чланови мноштва комуницирају добре позиције међу собом и прилагођавају својим позицијама и брзини заснованој на овим dobrим позицијама.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Particle\\_swarm\\_optimization](http://en.wikipedia.org/wiki/Particle_swarm_optimization) (28.04.2009)

#### **Ћелијски аутомати**

*„Ћелијски аутомат, аутомати (енгл. cellular automaton, automata) је посебан математички модел студирани у рачунарској теорији, математици, теоретској биологији и моделовању микроструктура. Састоји се од регуларне мреже ћелија, свака у једној од одређеног броја стања „On“ и „Off“, нпр. Мрежа може бити било који одређени број димензија. За сваку ћелију, сет ћелија се зове суседство (енгл. neighborhood) (најчешће укључује и саму ћелију) и дефинисан је у вези са специфичном ћелијом.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular\\_automata](http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_automata) (28.04.2009)

#### **„Voronoi“ дијаграм**

*„је специјална врста декомпозиције метричког простора детерминисаног растојањем ка специфицираном раздвојеном сету објеката у простору, нпр. дискретан сет тачака.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi\\_diagram](http://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi_diagram) (28.04.2009)

#### **Процес**

*„(лат. processus - покрет) је природно појављивање или пројектован низ промена или карактеристика или атрибута једног објеката или система. Прецизније и из најопштије системске перспективе, сваки процес је приказив као појединачна путања у системској фази простора.*

*У рачунарству, процес је појединачни случај рачунарског програма, који изведен у низу рачунарским системом, који има могућност да покрене неколико рачунарских програма истовремено.*



*У науци, процес је сваки низ промена стварног објекта/тела, које је могуће посматрати коришћењем научних метода. Због тога, све науке анализирају и моделују процесе.*

*Процеси су увек карактеристике динамичких система, оне су карактерисане таквим системским атрибутима, као што су променљиве и параметри. Сваки процесни модел се обликује уносом променљивих и може бити аутоматски или контролисан.*

*Препознавање процеса је једна произвољно субјективна ментална операција/догађај зато што он зависи од различитих околности, циљева посматрача, као и алата перцепције и концептуализације.“*

Hornby, A S *Oxford Advanced learner's Dictionary of current English*, Oxford, Oxford University Press, 2000 (6<sup>th</sup> edition), p.1008

### **Информација**

*„Као концепт има различита значења, због свакодневних техничких подешавања. Уопштено речено, концепт информације је блиско везан за детаље одредница, комуникације, контроле, података, форме, инструкције, знања, значења, менталне стимулације, шеме, перцепције и репрезентације.“*

<http://en.wikipedia.org/wiki/Information> (25.04.2009)

### **Информациона технологија (ИТ)**

*„Дефинисана од стране Америчке информационе технолошке асоцијације (ИТАА), је "студија, пројектовање, развој, имплементација, подршка менаџмента рачунарски заснованих информационих система, делимично програмске апликације и рачунарски хардвер." ИТ представља употребу електронских рачунара и рачунарских програма за конвертовање, складиштење, чување, процесирање, пренос и безбедно враћање информације. Данас, термин информационе технологије је појачан да обухвати многе аспекте рачунарства и технологије, тако да је постао врло препознатљив. Оквир информационе технологије може бити прилично велик, обухватајући многа поља. ИТ професионалци представљају палету обавеза, које се рангирају од инсталирања апликација до пројектовања комплексних рачунарских мрежа и информационих база података. Неколико обавеза које ИТ професионалци представљају може укључити и менаџмент података, инжењерски рачунарски хардвер, базу података, као и менаџмент и администрацију целог система. Када се рачунарске и технологије комуникације комбинују, резултат је информациона технологија или "infotech". Информациона технологија (ИТ) је уопштен термин, који описује сваку технологију која помаже у производњи, манипулацији, складиштењу, комуникацији, и/или распрострањању информације. Несумњиво, када причамо о информационој технологији (ИТ) као целини, бележимо да је употреба рачунара и информација удружена.“*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Information\\_technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Information_technology) (25.04.2009)

### **Когниција**

*„Когниција је научни термин за „процес мисли“. Његова употреба варира на различите начине у складу са различитим дисциплинама: На пример, у психологији и когнитивној*

науци, она је у вези са информационим процесним гледиштем психолошких функција појединаца. Друге интерпретације значења когниције везују их са развојем концепта, индивидуалних умова, група, организација, и чак већим уједињењем целина, може бити моделована као „друштво“ (Друштво Мисли), које доприноси форми концепта.“

<http://en.wikipedia.org/wiki/Cognition> (25.04.2009)

#### **Брејнсторминг (енгл. brainstorming)**

„је група креативних техника пројектованих да се генерише велики број идеја за решење проблема.“

<http://en.wikipedia.org/wiki/Brainstorming> (25.04.2009)

#### **Комуникација**

„је процес саопштавања информације од пошиљаоца до примаоца уз употребу медијума. Комуникација захтева да сви учесници имају простор комуникације.

Комуникација може бити виђена као процес информационе трансмисије вођен са три нивоа семиотичких правила:

Синтаксна (претходне особине знакова и симбола), Прагматична (разматрана са релацијом међу знаковима /експресијама и другим корисницима) и Семантичка (студија односа између знакова и симбола и онога што они представљају).“

<http://en.wikipedia.org/wiki/Communication> (25.04.2009)

#### **Информационо друштво**

„Информационо друштво је друштво у коме креација, дистрибуција, дифузија, употреба, интеграција и манипулација информације је значајно економска, политичка и културолошка активност. Знање економије је економска супротност, где је богатство креирано кроз економску експлоатацију разумевања.

Специфично за ову врсту друштва је да централну позицију информациона технологија има за производњу, економију и друштво у глобалу. Информационо друштво је виђено као следбеник индустријског друштва. Блиско повезани концепти пост-индустријско друштво, пост-модерно друштво, сазнајно друштво, „Telematic“ друштво, Информациона револуција, и мрежно друштво (Manuel Castells).“

[http://en.wikipedia.org/wiki/Information\\_society](http://en.wikipedia.org/wiki/Information_society) (25.04.2009)

#### **Масовно прилагођавање (енгл. mass customization)**

„је коришћење рачунарских флексибилних производних система за израду појединачних производа. Ти системи комбинују ниске трошкове масовног производног процеса са флексибилности појединог прилагођавања.“

[http://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_customization](http://en.wikipedia.org/wiki/Mass_customization) (25.04.2009)

#### **Машина**

„Машина је скуп делова повезаних у једну логичну целину с циљем извођења одређене операције. Операција је најнижи сегмент обраде, док је обрада један сегмент у технологији.“ <https://sr.wikipedia.org/sr/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0> (20.06.2016)

**ПРИЛОГ 2: Каталог (део) референтних полазишта „дигиталног ланца“  
(Институције и Архитектонска пракса) <sup>211</sup>**

---

<sup>211</sup> Слађана Марковић, „Процес дигиталног ланца у пројектовању и реализацији архитектуре“  
(магистарска дисертација, Универзитет у Београду, 2009), 89-134 .

| библиографска јединица | врста информације истраживања | ИНСТИТУЦИЈЕ |
|------------------------|-------------------------------|-------------|
| X_I                    | референце                     |             |
| референтна слика       | назив                         |             |
|                        | локација                      |             |
| рад                    |                               |             |

**Табла 1**      Шема истраживачких картица – ИНСТИТУЦИЈА (страна 1) X\_I

људи

више...

abstract

кључне речи  
белешке

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

**Табла 1а**

Шема истраживачких картица – ИНСТИТУЦИЈА (страна 2) **X\_I**

|   |          |   |
|---|----------|---|
|   | назив    | <b>CAAD Proffesur Hovestadt, ETH Zurich, 1999-2009</b>                    |
|  | локација | <a href="http://wiki.caad.arch.ethz.ch">http://wiki.caad.arch.ethz.ch</a> |

**рад**

CAAD - Катедра за рачунарски подржано пројектовање

Prof. Dr. Ludger Hovestadt

Ми живимо у пост-дигиталном свету. Питање да ли је нешто аналогно или дигитално постаје маргинално. Наше размишљање и деловање су само у изузетним случајевима ослобођени дигиталне технологије. Симптоми дигиталног света су, у сваком случају, различити и конфузни. У овом тексту бих покушао да сортирам ствари као архитекта и инжењер - не као теоретичар.

Коа студент Fritz Haller - инфраструктура (Haller's or Wachsmann's 'Allgemeiner Knoten') је кључни термин мог истраживања. Данас су интересантна два аспекта:

Инфраструктура постаје наративна. Она више није неутрална техничка ствар, него постаје и вишеслојевита фаза, приказана на примеру Elbphilharmonie у Хамбургу, архитекта Herzog & de Meuron. Није реализована у линијском тренду, како је према задатим плановима, али него је развијана ' одозго ' како пример 'Wikipedia' показује.

Често наше колеге и ми сами себе проналазимо себе оптужене - да смо заљубљени у технологију - слепо желећи да измислимо нову архитектуру, која би била гора од конвенционалне архитектуре. Овај поновни поступак се не примењује! Ми експлицитно пратимо посебно формулисану концепцију од стране Marshall McLuhan (медијум је порука - 1964), да правцу техничког развоја, садржаји нису примарно промењени, али јесу њихове форме репрезентације. Ми смо зато заинтересовани за процес превода архитектуре из старе у нову форму репрезентације. Ми не верујемо у могућност увођења нове архитектуре. Кућа је кућа је кућа!

**Образовање**

Катедра CAAD (рачунарски подржано архитектонско пројектовање) предстваља информациону технологију департмана за архитектуру. Циљ нашег тренинга није витуозно моделовање архитектуре у оквиру рачунара, него прагматична употреба различитих дигиталних медија у архитектонској пракси.

**Истраживање****Истраживачке чињенице**

У вези са универзалним грађевинско-производним-моделима [IFC: Industry Foundation Classes ISO 16739], архитектонски CAD системи (CAAD - Computer Aided Architectural Design) постају једноставни алати за цртање. Тренутан развој у параметријским пројектантским архитектонским системима [AutoDesk, Bentley, Dessault, Graphisoft, Messerli, Nemetschek, и други.] чини геометрију више флексибилном и проналази свој израз у тренутној неортогоналној [један рани пример је Guggenheim Museum Frank Gehry у Bilbao]. Истраживање CAAD Катедре на ETH Zurich дугорочно наслућује следећи корак, који је прилагођен како топологији, тако и геометрији. Ово истраживање може бити боље приписано интердисциплинарном концепту 'комплексних адаптивних система - complex adaptive systems (CAS)' [види, нпр. Popper, Hayek, Weaver, Colander, Buchanan, Gell-Mann, Dooley, Prigogine]. Феномени економије, биологије, социологије, физике, и лингвистике су описани на интергративни начин и конструисани технички [види нпр. Fogel, Eibel, Holland, Koza]. Кључне речи укључују само-организацију, комплексност, прилагођавање, еволуцију, појаву и еластичност...

врста информације истраживања **ИНСТИТУЦИЈЕ**  
**референце**

**људи**

Тренутни сарадници CAAD:

Prof. Ludger Hovestadt  
Steffen Lemmerzahl  
David Sekanina  
Kai Rüdener  
Steffen P. Walz  
Benjamin Dillenburger  
Georg Vrachliotis  
Oskar Zieta  
Pia Fricker  
Christoph Wartmann  
Phillip Dohmen  
Toni Kotnik  
Phillipp Schaerer  
Markus Braach  
Karten Droste  
Alexandar Lehnerer

Некадашњи сарадници CAAD:

Torsten Spindler  
Odilo Stock  
Fabian Schemer  
Mathias Ochsendorf  
Kai Strehlke  
Silke Lang  
Christoph Schindler  
Andrea Gleiniger  
Katharina Bosch

**abstract**

Саад катедра је иницијатор "дигиталног ланца" као комплетног дигиталног архитектонског процеса и метода у архитектонском пројектовању и производњи.

**кључне речи** објектно оријентисано програмирање, производ, подаци, пројектантски параметри, рачунарски генерисана архитектура, спис

**белешке**


цео процес дигиталног пројектовања,  
а не само поједини делови

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

|   |                               |   |
|---|-------------------------------|---|
|   | врста информације истраживања | <b>ИНСТИТУЦИЈЕ</b>  |
| библиографска јединица  | <b>референце</b>              |   |
| <b>1b_I</b>   |                               |   |
| референтна слика  |                               |   |
|  | назив                         | <b>DFAB Gramazio &amp; Kohler ETH Zurich, 2006-2009</b>   |
|   | локација                      | <a href="http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/about/index.html">http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/about/index.html</a> |

#### рад

У свом истраживању, ми испитујемо промене у архитектонским производним захтевима, који резултирају увођењем дигиталних производних техника. Наши специјални интереси леже у комбиновању података и материјала и резултата импликације остварених архитектонским пројектовањем. Могућност директног фабриковања грађевинских компонената описаних на рачунару се шири не само спектром могућности за конструкције, него и директном имплементацијом материјала и производне логике у оквиру пројектантског процеса, који поставља архитектонски израз и нову естетику.

#### Истраживање

Наше истраживање се фокусира на додатним дигиталним техникама фабрикације коришћеним за изградњу нестандардних компонената. Једноставно, додатна фабрикација може бити описана као тродимензионални процес штампања. Прецизним позиционирањем материјала, где је захтеван, у могућности смо да укрстимо функционалне и естетске квалитете у структуру. Можемо зато да "информишемо" архитектуру кроз ниво материјала. Наш циљ је развој критерије за нови систем структуралне логике, која може бити примењена у архитектури и тако суштински и у дигиталној фабрикацији. Пошли смо са модулима као што је опека као основни материјал и сада ширимо спектар укључујући и тачне материјале.



**референце**

**људи**

Prof. Fabio Gramazio, gramazio@arch.ethz.ch  
 Prof. Matthias Kohler, kohler@arch.ethz.ch

Tobias Bonwetsch, bonwetsch@arch.ethz.ch: Research Assistant  
 Ralph Bärtschi, baertschi@arch.ethz.ch: programming, operation  
 Markus Giera, giera@arch.ethz.ch  
 Roman Kallweit, kallweit@arch.ethz.ch  
 Michael Knauss, knauss@arch.ethz.ch: Research Assistant  
 Michael Lyrenmann, lyrenmann@arch.ethz.ch: production, infrastructure  
 Silvan Oesterle, oesterle@arch.ethz.ch  
 Kirsten Weiss, kirsten.weiss@arch.ethz.ch

**Бивши сарадници:**

Michael Hanak, Henrik Hansen, Nadine Jerchau, Daniel Kobel

**више...**

Тим:  
<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/team/index.html>  
 Истраживање:  
<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/forschung/index.html>  
 Пројекти:  
<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/publikationen/index.html>  
 Предавање:  
<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/lehre/index.html>

**abstract**

Ова катедра се бави фабрикацијом у архитектури, стварајући нове елементе CNC машинама.

**кључне речи фабрикација**

**белешке**

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

| врста информације истраживања  | ИНСТИТУЦИЈЕ   |
|--|---|
| библиографска јединица   | референце   |
| 2_I  |   |
| референтна слика   |   |
|   | назив<br>Computation Group, MIT Massachusets  |
|  | локација<br><a href="http://descomp.scripts.mit.edu/www/index.php">http://descomp.scripts.mit.edu/www/index.php</a> |
| рад  |   |
| ИСТРАЖИВАЊЕ У ПРОЈЕКТОВАЊУ И РАЧУНАРСТВУ   |   |
| Следећи делови описују факултете различитих спонзорисаних целина у оквиру Computation group.   |   |
| MIT Пројектантска лабораторија (Design Lab)  |   |
| Група дигиталног пројектовања и фабрикације (Digital Design and Fabrication Group)   |   |
| Репрезентација архитектуре + Рачунарство (Architecture Representation + Computation)   |   |
| Граматика обликовања (Shape Grammars)  |   |
| Кућа_n (House_n)   |   |
| MIT Пројектантска лабораторија (Design Lab)  |   |
| Основни истраживач: Prof. William Mitchell   |   |
| MIT Design Laboratory се фокусира на теоријама, техници и пракси иновативног пројектовања. Тежи истраживању, искључује практично пројектовање и уметничке пројекте и везан је са стипендијама и критикама. Организована је као колекција мултидисциплинарних истраживања и пројектантских тимова, и није ограничена традиционалним границама кроз пројектовање, планирање и инжењерске професије и дисциплине.   |   |
| Група дигиталног пројектовања и фабрикације (Digital Design and Fabrication Group)   |   |
| Основни истраживач: Prof. Larry Sass   |   |
| The Design Fabrication Group је центар за едукацију и истраживање на пољу rapid prototyping и CAD/CAM фабрикације за архитекте и дизајнере. Група уједињује факултете, студенте и особље у истраживању фокусиране на однос између пројектантског рачунарства и физичког производа коришћеног за пројектантску репрезентацију и рефлексију.   |   |
| Репрезентација архитектуре + Рачунарство (Architecture Representation + Computation)   |   |
| Основни истраживач: Prof. Takehiko Nagakura  |   |
| Основана 1996, Група за репрезентацију архитектуре + Рачунарство спонзорише широк опсег образовних и истраживачких активности студената и гостујућих стипендиста на MIT's Department of Architecture. Изазов групе је иновативна употреба рачунарства за решавање проблема постављених у контекст архитектонске пројектантске праксе. Тренутни пројекти ограничени развојем софтвера и хардвера, креације рачунарског графичког садржаја и пројектантског посла за архитектонска такмичења и грађевинске пројекте.   |   |
| Граматика обликовања (Shape Grammars)  |   |
| Основни истраживач: Prof. George Stiny, Prof. Terry Knight, Prof. Takehiko Nagakura  |   |
| Ова група је везана за широк опсег рада на граматички обликовања, визуелном и генеративном систему за креирање и описивање пројеката на више нивоа. Рад на облику и репрезентацији облика са теоретским нивоом циљева на новој рачунарској бази пројекта. Рад на практичним апликацијама фокусира се на потенцијалној граматички облику у стилској анализи и у креативном пројектантском процесу. Факултет и студенти такође истражују употребу и развој дигиталне и web-заснованих технологија, рачунарског софтвера, и даљинске сарадње за подржавање апликација граматике обликовања. |   |
| Кућа_n (House_n)   |   |
| Основни истраживач: Kent Larson  |   |
| House_N група тежи ка пројектовању бољих кућа и технологије куће. Истражује нове технологије, материјале и стратегије за пројектовање које могу омогућити динамичка, развојна места која реагују на комплексности живота. Главна House_n иницијатива укључује The PlaceLab и the Open Source Building Alliance. House_n студира учеснике уживо у јединственој апартманској лабораторији, који носе сензоре дневно, искључе телефон када их узнемирава, буду интервјуисани за мишљење, и више.  |   |

Табла 4 Истраживачка картица (страна 1) 2\_I

врста информације истраживања **ИНСТИТУЦИЈЕ**  
**референце**

**људи**

Terry Knight- Professor  
 William Mitchell- Professor  
 Takehiko Nagakura- Associate Professor  
 William Porter - Professor Emeritus  
 Larry Sass- Associate Professor  
 Dennis Shelden- Associate Professor of Practice  
 George Stiny- Professor

**више...**

Истрживање:  
[http://descomp.scripts.mit.edu/www/research.php?layout\\_index=0](http://descomp.scripts.mit.edu/www/research.php?layout_index=0)  
 Људи:  
[http://descomp.scripts.mit.edu/www/people.php?submenu=faculty&layout\\_index=0](http://descomp.scripts.mit.edu/www/people.php?submenu=faculty&layout_index=0)  
 Пројекти:  
[http://descomp.scripts.mit.edu/www/index.php?layout\\_index=1](http://descomp.scripts.mit.edu/www/index.php?layout_index=1)  
 MIT Пројектантска лабораторија (Design Lab)  
<http://design.mit.edu/index.html>  
 Група дигиталног пројектовања и фабрикације (Digital Design and Fabrication Group)  
<http://ddf.mit.edu/>  
 Репрезентација архитектуре + Рачунарство (Architecture Representation + Computation)  
<http://cat2.mit.edu/arc/>  
 Граматика обликовања (Shape Grammars)  
<http://www.shapegrammar.org/>  
 Кућа\_n (House\_n)  
[http://architecture.mit.edu/house\\_n/](http://architecture.mit.edu/house_n/)

**abstract**

Рачунарство је базирано на поновном размишљању о техници у вези са архитектонском формом.

**кључне речи производ+процес**

**белешке**

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

**Табла 4а** Истраживачка картица (страна 2) **2\_I**

| библиографска јединица                                    | врста информације истраживања | ИНСТИТУЦИЈЕ   |
|---|-------------------------------|---|
| <b>3_I</b>  | <b>референце</b>              |   |
| референтна слика  | назив                         | <b>MediaArchitecture, Bauhaus- Universitaet Weimar</b>  |
| postgradualer Master-Studiengang <b>MediaArchitecture</b> | локација                      | <a href="http://www.uni-weimar.de/mediaarchitecture/english/index.html">http://www.uni-weimar.de/mediaarchitecture/english/index.html</a> |

#### рад

Добро дошли!

Интердисциплинарни, постдипломски мастер курс, MediaArchitecture реагује на настављање структуралне промене у друштву и пораст важности реципрочног утицаја медија и архитектуре. Циљ је отварање раста пресека између архитектонског и медијског простора за студирање и истраживање, као и нова професионална поља. Базиран на порасту медијализације јавног простора и свакодневне културе, мастер курс није само у последње време реакција већих захтева за високо-квалификоване универзитетске дипломе у интердисциплинарним студијама између медија и архитектуре.

**Табла 5** Истраживачка картица (страна 1) **3\_I**

врста информације истраживања **ИНСТИТУЦИЈЕ**  
**референце**

**људи**

Факултет Медија  
Professorship for Computer-Supported Co-operative Work (CSCW)  
Prof. Dr. Tom Gross

Professorship for History and Theory of Cultural Technique  
Prof. Dr. phil. habil. Bernhard Siegert

Professorship for Interface Design  
Prof. Dr. sc. hum. Jens Geelhaar

**више...**

Професори:  
<http://www.uni-weimar.de/mediaarchitecture/english/professorships.html>  
Курс:  
<http://www.uni-weimar.de/mediaarchitecture/english/study.html>

**abstract**

Овај институт отвара нова поља у архитектонском деловању присуством нових медија.

**кључне речи медији**

**белешке**

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

библиографска јединица

**референце**

**4\_I**

референтна слика



Mit Einführung der Studentenbücherei wurde an der  
 Fakultät für Architektur der TUM das Projekt  
 ar:toolbox ins Leben gerufen. Im Rahmen von  
 ar:toolbox wird ein virtueller Arbeitsplatz  
 aufgebaut, wobei ein Multimedia- und Workshop-  
 System für Studierende angeboten. Hierdurch  
 sollen die Studierenden angebotene, heterogene  
 Softwareumgebungen werden in regelbasierten  
 Systemen für Entwerfer und Entwerferinnen  
 erweitert und durch Zusammen mit Lernmaterialien  
 neu stellen. Zudem stehen zur Lösung von Softwarepro-  
 blemen zur Verfügung.  
 Anmeldung, Reservierung und Hilfe zu  
 ar:toolbox in Höhe auf der Seite  
 www.ar.toolbox.at.tum.de

назив

**Fachgebiet CAAD,TUM, Muenchen, 2003-2009**

локација

[www.ar.toolbox.ar.tum.de](http://www.ar.toolbox.ar.tum.de)

рад

**ar:toolbox**

Са уласком студијских уговора на немачке Универзитете ће бити доступна и нова понуда сервиса на Техничком Универзитету и Минхену (Technischen Universität München) од летњег семестра 2007.

У складу са том одлуком, Архитектонски факултет (Fakultät für Architektur) је добио пројекат под називом ar:toolbox. у оквиру ar:toolbox ће се поставити једно бесплатно лаптоп окружење, као и мултимедијалне справе за студенте.

Неопходно знање програма ће бити омогућено у оквиру свакодневних семинара за почетнике и напредне, а такође и помоћ татора.

**референце**

**људи**

Prof. Dipl.-Ing. Richard Junge  
Асистенти:  
Dipl.-Ing. Roland Göttig  
Dipl.-Ing. Stefan Kaufmann  
Dipl.-Inf. Alexander Pilz

**више...**

Људи:  
<http://www.caad.ar.tum.de/mitarbeiter>  
Пројекти:  
<http://www.caad.ar.tum.de/projekte>  
Образовање:  
<http://www.caad.ar.tum.de/studium>

**abstract**

Идеја овог пројекта је омогућење укључења студената у нову технологију преко њихових пројекта.

**кључне речи коришћење програма и алата**

**белешке**

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација



назив

**AA – Architectural Association**

локација

<http://www.aaschool.ac.uk/Default.aspx?section=school&page=emtech%20MSc/MArch>

рад

EmTech MSc/MArch

Програм долазећих технологија и пројектовања (The Emergent Technologies and Design) је отворен за диплому у архитектури, инжењерству и индустријском дизајну, који се процесира од иновативних технологија. Програм је фокусиран на развоју вештина и сазнања лоцираног у новим производним парадигмама. Фаза 1 програма је структурирана око семинар курсева, the core studio и менторско истраживање. Фаза 2 садржи даље истраживање, које кулминира са дисертацијом у виду пројекта. Семинар курсеви представљају теоретски контекст, подешавање извора, теорија, алата и праксе нових технологија и истраживање њихове релације ка савременој архитектонској дебати.

Курсеви су појачано унакрсно-повезани, тематски и инструментално, са the core studio. Критичке и техничке анализе се појављују са семинар курсевима и повезани су пројектантским стратегијама и системима материјала и локализовани у индустријским процесима и производњи. The core studio истражује ове теме у различитим модулима и експериментима, што води ка пројекту.



**референце**

**људи**

EmTech Directors:

Michael U Hensel

Michael Weinstock

**више...**

EmTech MSc/MArch

<http://www.aaschool.ac.uk/Default.aspx?section=school&page=emtech%20MSc/MArch>

EMTECHLOG.NET is a blog of the Emergence and Design Group, sponsored by Michael Hensel and OCEAN NORTH

<http://www.emtechlog.net/>

**abstract**

Овај институт ради на односу нових технологија и пројектовања.

**кључне речи нова технологија + вештине**

**белешке**

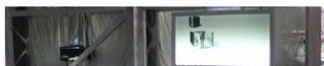
**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

назив

**Harvard University Graduate school of design**

локација

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/mdes/technology\\_design.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/mdes/technology_design.htm)
**рад**

Технолошки програм @ Harvard Graduate School of Design

Програм у технологији на Harvard Design School се фокусира на улози заштите животне средине, структуралних материјалних, процесних и технолошких односа у студији и прављењу грађене форме у архитектури, пејзажној архитектури и урбаном дизајну.

Програм подржава курсеве, који покривају историју, тренутно стање и будуће перспекте технологије. Истраживачке активности факултета и напредних дипломаца истражују одређене теме. Оне често повезују традиционалне границе дисциплина. Тренутна истраживања укључују: наноматеријале, пројектовање робота, интерактивних и паметних средина, одрживости, пројектантске колаборације, грађевинског информационог моделовања, и других тема.

Програм је тесно повезан са осталим програмима у школи, који раде са историјом, рачунарским пројектовањем и дигиталним медијима, дизајном производа и сличним пољима. Програм је подржан јаком инфраструктуром уређаја физичких лабораторија и рачунарских средина.

**референце**

**људи**

Primary Technology Faculty

Bechthold, Martin  
Professor of Architectural Technology, MDesS Program Director  
Structures, CAD/CAM, Studio

Pollalis, Spiro  
Professor of Architecture  
Project Management, Construction, Structures

Reinhart, Christoph  
Associate Professor in Architecture  
Environmental Technologies, Daylighting

Schodek, Daniel  
Research Professor of Architectural Technology Structures, Digital Design &  
CAD/CAM, Smart Materials, Nanotechnologies

**више...**

TEME:

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/envtech.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/envtech.htm)

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/structures.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/structures.htm)

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/project\\_m.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/project_m.htm)

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/cadcam.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/cadcam.htm)

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/other.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/other.htm)

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/other.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/other.htm)

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/other.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/other.htm)

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/other.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/other.htm)

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research\\_areas/other.htm](http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/research_areas/other.htm)

htm

ЉУДИ:

<http://www.gsd.harvard.edu/academic/arch/buildtech/faculty>

**abstract**

Поље рада на коришћењу технологије у напредним материјалима, пројектантском рачунарству, производном развоју и дигиталном пројектовању и производњи.

**кључне речи нове технологије + пројектовање**

**белешке**

историја пројектовања

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација



назив

**Columbia University**

локација

<http://www.spatialinformationdesignlab.org/>

рад

**ПРОСТОРНА ИНФОРМАЦИОНА ПРОЈЕКТАНТСКА ЛАБОРАТОРИЈА (SPATIAL INFORMATION DESIGN LAB)**

Spatial Information Design Lab је основана у 2004 као интердисциплинарно истраживање на Graduate School of Architecture, Planning and Preservation на Columbia University.

**ОПИС**

The Spatial Information Design Lab је 'размишљај и делуј' извор на Columbia University специјализован у визуелном приказу просторних информација о савременим градовима и догађајима. Лабораторија ради са подацима о простору - нумеричким подацима комбинованим са текстовима и сликама за пројекат стварања визуелне презентације нашег света данас. Пројекат у лабораторији се фокусира на повезивању друштвених података са географијом да помогне истраживачима и препоручи комуникациону информацију јасно, одговорно и провокативно. Ми радимо са испитивачким и пописним подацима, Global Positioning System информацијама, мапама, сателитским сликама високе и ниске резолуције, аналитичким графикама, уз текстуалне и квалитативне интерпретације, да би произвели слике.

Spatial Information Design је име за нове путеве рада са великим кванитетом статистичких и других података доступних о савременом граду. Реорганизацијом табеларних података, коришћењем јединствених техника визуелизације, и њиховим географским лоцирањем, покушали смо да направимо корелацију различитих делова информација и слика, шема и мрежа, које креирају. Постављањем података на мапу можемо да отворимо нове просторе за акцију и нове опције за интервенцију, како би неуобичајене облике и форме живота у граду постале видљиве.

Пројекат, овде, је мање као алат и више као језик, пракса која обликује излаз и разумевање ствари које радимо. То није само једноставно естетски предрасуд. Начини у којима ми презентујемо идеје и информације могу понекад бити чак важније него сам материјал. Речи и слике, које бирамо праве разлике у погледу људи, укључујући и нас, које замишљамо и своје могућности реаговања да шта кажемо то и урадимо.

Циљ Spatial Information Design Lab је да направи партнерски однос са људима и организацијама у оквиру и ван Универзитета. Ми смо највише заинтересовани за истраживање, које захтева независност и непопустљивост академских подешавања (ослобођени од обичних политичких и притисака стварних животних ситуација), и који бујају у атмосфери отвореног трагања, експериментације, и преузимања ризика, у складу са проширњем начина у којима су подаци сачувани, коришћени и презентовани.

врста информације истраживања **ИНСТИТУЦИЈЕ**  
**референце**

**људи**

Laura Kurgan,  
Director, Spatial Information Design Lab  
David Reinfurt,  
Adjunct Associate Research Scholar  
Eric Cadora,  
Director, Justice Mapping Center Justice Mapping Center  
Sarah Williams,  
Director Spatial Information Design Lab  
Elliott Sclar,  
Professor of Urban Planning  
Principal Investigator, GIS: Spatial Dimensions in Social Science.

**више...**

ЉУДИ:  
<http://www.spatialinformationdesignlab.org/people.php>  
ПРОЈЕКТИ:  
<http://www.spatialinformationdesignlab.org/projects.php>  
ПУБЛИКАЦИЈЕ:  
<http://www.spatialinformationdesignlab.org/publications.php>  
ПРЕДАВАЊА:  
<http://www.spatialinformationdesignlab.org/teaching.php>

**abstract**

Институција ради са подацима о простору - нумеричким подацима комбинованим са нарцијом и сликама за пројекат стварања визуелне презентације нашег света данас

**кључне речи подаци, рачунарство**

**белешке**

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

| библиографска јединица  | врста информације истраживања | ИНСТИТУЦИЈЕ   |
|---|-------------------------------|---|
| 8_I   | референце                     |   |
| референтна слика  | назив                         | TU DELFT  |
|  | локација                      | <a href="http://home.tudelft.nl/en/">http://home.tudelft.nl/en/</a> |

рад

Радимо на многим узбудљивим пољима моделовања 3D објеката и визуелизације научних података. Модели комплексних објеката и великих података подешавају игру у растуће важној улози у многим научним, медицинским и инжењерским апликацијама. Наши истраживачки циљеви развоја нових метода ка генерисању, презентацији, интерпретацији, приказу и интерактивности са подешавањем модела и података.

Ми предајемо неколико курсева и надгледамо студентске пројекте и овим и сродним пољима.

Наша истраживања су базирана на:

Geometric\_and\_Feature\_Modelling\_Nieuw  
 Game\_Technology  
 VRVis  
 MedVis

врста информације истраживања **ИНСТИТУЦИЈЕ**

**референце**

**људи**

Људи  
 Професор  
 Prof. Dr. ir. F.W. Jansen  
 Ванредни професор  
 Dr. W.F. Bronsvort  
 Ir. F.H. Post  
 Dr. ir. R. Bidarra  
 Ванредни професор  
 Dr. C.P. Botha  
 Drs. P.R. van Nieuwenhuizen  
 Ir. M. Sepers

**више...**

ЉУДИ  
<http://graphics.tudelft.nl/People>  
 Education  
[http://graphics.tudelft.nl/Student\\_Projects](http://graphics.tudelft.nl/Student_Projects)  
 Research  
<http://graphics.tudelft.nl/Research>  
 News and events:  
[http://graphics.tudelft.nl/News\\_and\\_Events](http://graphics.tudelft.nl/News_and_Events)  
  
[http://www.lab-au.com/files/doc/performative\\_architecture.htm](http://www.lab-au.com/files/doc/performative_architecture.htm)  
 TЕМЕ  
[http://graphics.tudelft.nl/Geometric\\_and\\_Feature\\_Modelling\\_Nieuw](http://graphics.tudelft.nl/Geometric_and_Feature_Modelling_Nieuw)  
[http://graphics.tudelft.nl/Game\\_Technology](http://graphics.tudelft.nl/Game_Technology)  
<http://visualisation.tudelft.nl/VRVis>  
<http://visualisation.tudelft.nl/MedVis>

**abstract**

Овај институт истражује технике и методе за пројектовање и грађење нестандартне, виртуелне и интерактивне архитектуре.

**кључне речи** **ИНТЕРАКТИВНОСТ**

**белешке**

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на
- приступ пројектном задатку и
- дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

X\_V

аутор

назив

град

година

**референце**

референтна слика

садржај

abstract

кључне речи

белешке

**место у дигиталном ланцу**

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

**поље истраживања**

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

**Табла 11**

Шема истраживачких картица – Архитектонска пракса ЗГРАДА X\_V



врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

**2\_B**

аутор

**Herzog & de Meuron**

назив

**Allianz Arena**

град

**Munich, Germany**

година

**2005**

## референце

референтна слика



abstract

Зграда представља нову технологију кроз везу фасаде и информације у оквиру великог броја функција унутра.

садржај

Стадион садржи 106 ложе заједно са 1.374 места за седење. У унутрашњости стадиона су и продавнице, изложбени простор Medion, Telekom, Audi и Festina. На спољним странама, ободом круга, се налазе киосци. Многи гастрономски простори су подељени у оквиру једне површине од 6.500 m<sup>2</sup>. Ту припада и четворосpratни паркинг за отприлике 9.800 аутомобила и представља највећи паркинг у Европи. У северном делу Арене и јужном крају Esplanade се налази заједно 350 паркинг места за аутобусе фанова. Комплетан стадион ће имати мобилни сервис поред једног BTS-хотела (у њему се налази и неопходна аутобуска станица) подржаног једним оптички одвојеним системом од станице релеја и фабричког стакла. Опрема омогућава посетиоцима на 900/1800 и UMTS да телефонирају. Засновано на њеној форми, Allianz Arena је често називана и гумени чамац или ауто гума. Кров и фасада су произведене из 2760 ETFE-јастука од фолије (Ethylen-Tetrafluorethylen), које стоје надуване сувим ваздухом и под притиском од 3,5 hPa. Фолија је 0,2 mm дебела. Осветљење јастука је одвојено делимично у бело, плаво или црвено и у већини промислених светлиних лубеја.

Предвиђено је, да стадион буде осветљен у свим бојама, негде играјућег првенства, негде се бело мења у боју земаља, које играју. Код осветљења од само око 50 € по сату, ће бити приказана једна тако велика светлосна моћ, да ће се Allianz-Arena у јасним ноћима још из аустријских брда можда јасно видети, чак уз удаљење од око 75km. У крову су потребни заштитници, који током игре могу бити коришћени као заштита од сунца и бити затворити.

кључне речи **детал+светло**

белешке

[http://de.wikipedia.org/wiki/Allianz\\_Arena](http://de.wikipedia.org/wiki/Allianz_Arena)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Herzog\\_&\\_de\\_Meuron](http://de.wikipedia.org/wiki/Herzog_&_de_Meuron)

[org/wiki/Herzog\\_&\\_de\\_Meuron](http://de.wikipedia.org/wiki/Herzog_&_de_Meuron)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**Herzog & de Meuron**

**3\_V**

назив

**Olympia Stadium Beijing**

град

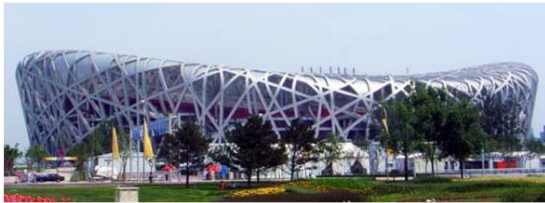
**Beijing, China**

година

**2008**

## референце

референтна слика



## садржај

The Beijing National Stadium, познат и као птичије гнездо је био главни стадион за 2008 Summer Olympics и домаћин церемоније отварања и затварања. Носиоци Pritzker награде архитекте Herzog & de Meuron су у сарадњи са ArupSport and China Architecture Design & Research Group победили на такмичењу. Ai Weiwei, је био уметнички консултант за пројекат. Стадион ће обезбедити места за 100,000 гледалаца током Олимпијаде, али ће тај број бити редукован на 80,000 после Игара. Стадион је 330 метара дуг и 220 метара широк, и 69.2 метара висок. 250,000 м<sup>2</sup> (велика подна површина) стадиона је грађена са 36 km неотпакованог челика са комбинованом тежином од 45,000 тона. Стадион ће коштати више од 3.5 милиона јена (422,873,850 USD/ 325,395,593 EUR). Откоп је урађен у децембру 2003, и конструкција је почела у марту 2004, и подржана је високом ценом конструкције у августу 2004. У овом новом пројекту, кров је одвојен од пројекта. Експерти кажу да ће то учинити стадион сигурнијим, упркос редукацији трошкова конструкције. Конструкција Олимпијске зграде се наставила почетком 2005. Појава стадиона је садејство, без посебног обележја између фасаде и супер структуре. Структурални елементи заједнички подржавају један другог и састају се у формацији мреже - скоро као птичије гнездо испрелетених границица. Просторни ефекат стадиона је нов и радикалан, сада једноставан и са директним старим утицајем, што је креирало јединствен историјски знак Олимпијаде 2008. Стадион је прихваћен као колективан брод, који прави одвојену и непогрешиву импресију, гледан издалека и изблиза. То сусреће функционалне и техничке захтеве једног Olympic National Stadium, али без комуницирања једнакости технократске архитектуре доминиране великим распонима и дигиталним екранима.

## abstract

Грађевина показује да рачунар може да реши проблеме у сваком делу дигиталног пројектовања. Дигитални ланац може самостално да реши проблеме.

кључне речи **кодирање- алат за концепт**

белешке

[http://en.wikipedia.org/wiki/Beijing\\_National\\_Stadium](http://en.wikipedia.org/wiki/Beijing_National_Stadium)  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Herzog\\_&\\_de\\_Meuron](http://de.wikipedia.org/wiki/Herzog_&_de_Meuron)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

Табла 13

Истраживачка картица **3\_V**

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**PTW Architects**

**5\_V**

назив

**Olympia Stadium Beijing**

град

**Beijing, China**

година

**2008**

## референце

референтна слика



садржај

Међународни конкурс за Beijing 2008 Aqua центар. Шема даје међународне стандарде за такмичење, због увећавања друштвених и економских доприноса. Заједно сатим што ће бити место за такмичења у базену, центар ће обезбедити и јавно, мултифункционални одмор и фитнес справе пре и после игара. Концепт комбинује симболику квадрата у кинеској култури и природна структура мехурова сапунице преведена у архитектонску форму. Пројекат користи технологију state-of-the-art и материјале да креира зграду, која је визуелно истакнута, енергетски ефикасна и еколошка.

abstract

Ова зграда представља високи ниво технологије у свим деловима архитектонске реализације.

кључне речи **дупла фасада, позиција и форма дела (particle)**

белешке

<http://www.ptw.com.au/>

<http://www.archicentral.com/watercube-beijing-china-ptw-architects-3131/>

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на
- приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

Табла 14

Истраживачка картица **5\_V**

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**Renzo Piano**

**6\_V**

назив

**Kansai International Airport Terminal**

град

**Osaka, Japon**

година

**1994**

## референце

референтна слика



## садржај

Kansai International Airport је међународни аеродром лоциран на вештачком острву у средини Osaka Bay, на обали града Sennan у Osaka Prefecture, Japan. Познат је као Osaka Airport на енглеском. Током FY 2005, KIX, који служи граду Osaka, који има 112,579 ваздушних база, од којих су 72,251 биле међународне, а 40,328 су биле домаће. Укупни број путника је био 16,428,399 од којих су 11,139,336 били међународни, а 5,289,063 су били домаћи. Количина пртљага је била 843,368 тона, од којих је 800,555 тона било међународно (осамнаести у свету), и 42,813 тона је било домаће.

Направљено острво, 4 km дуго и 1 km широко, је било предложено. Инжењери су морали да пређу екстремно висок ризик земљотреса и тајфуна (са олујом која прелази и 3 метра). Конструкција је почела 1987. Зид ка мору је завршен 1989 (направљен од стена и 48,000 бетонских блокова тетраедра). Три планине су биле издобрљене за 21 милион м3 прављења земљишта. 10,000 радника и 10 милиона радних сати преко 3 године, коришћење преко 80 бродова, су били потребни да се заврши 30 метара слојева земље и у зиду ка мору. У 1990, мост дугачак три километара је завршен да повеже острво са копном у Rinku-Town, у вредности од \$1 милион. Острво предвиђа постепено насапање тежине материјала коришћеног да се направи острво, како би се проузроковало његово сабијање одозго. У сваком случају, овог пута, острво је потонуло 8 метара, много више него што је предвиђено. Пројекат онда постаје пројекат са најскупљим грађевинским радовима у модерној историји после 20 година планирања, 3 године конструкција и неколико милиона долара инвестирања.

У 1991, граничне конструкције су започете. Прилагођавање потонућу острва је прилагођено стубовима пројектованим за подршку граничне зграде. Ово може да буде продужено убацивањем дебелих металних површина у њихове базе. Аеродром је отворен 1994.

## abstract

Први кораци нове технологије у конструкцији и детаљу и тешкоћа да се промене природне границе.

## кључне речи промена природе

### белешке

<http://rpbw.r.ui-pro.com/>

<http://architecture.about.com/od/findphotos/ig/Renzo-Piano-Photos/Kansai-Terminal.htm>

### место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

### поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

**10\_B**

аутор

**Renzo Piano**

назив

**Paul Klee Museum Centre**

град

**Bern, Switzerland**

година

**2005**

## референце

референтна слика



abstract

У овој згради имитирају се природне форме кроз вештачке елементе у правцу добијања полу-отворене, полу-затворене атмосфере.

садржај

За овај центар направљен за све у вези са Paul Klee, традиционалан музеј није био нешто што је, добитник награде италијански архитекта Renzo Piano имао на уму. Renzo Piano's, у односу на комплексан пројекат и терасаста пејзаж Берна је добио идеју креирања пространог зеленог острва из кога се архитектура појављује у форми три пулсирајућа таласа. У својој потпуности пејзажна структура је креирана као резултат постанка дестинације културе.

Три брда од челика и стакла су подељена у програмске структуре карактерисане интердисциплинарним приступом. Заиста поред великодушних изложбених простора, премисе такође учествују у најсавременијој музици и перформансу у оквиру програма Center's и за гостујуће ансамбле, а дечији музеји за све преко 4 године и имају интерес за уметност, мултифункционална променада са многобројним комуникационим инсталацијама и пленарни холови и семинар собе са најмодернијим инсталацијама за одржавање домаћих и међународних конвенција. Фине уметности, музика, позориште, плес, литература, уметничка наука и уметничка медитација овде не делију више заједно са стране; они расту у нове форме израза кроз форму уметничког пресека – за постепени бенифит јавног уживања.

Изузетан културни центар кошта неких 125 милиона швајц. франака је омогућен јавним приватним партнерством. Приватни донатори су породица Klee, породица међународно реномираног ортопедског хирурга Prof. Dr. med. Maurice E. Müller, Dr. h. c. mult. и његова жена Martha Müller-Lüthi, као и приватни сакупљачи и спонзори из бизниса и индустрије. Идеја није да се креира музеј за Paul Klee, него културни центар, који показује интердисциплинарни рад уметника, из колекције Prof. Dr. med. Maurice E. Müller.

кључне речи **веза са природном формом**

белешке

<http://rpbw.r.ui-pro.com/>

<http://www.iht.com/articles/2005/07/04/features/klee.php>

[com/articles/2005/07/04/features/klee.php](http://www.iht.com/articles/2005/07/04/features/klee.php)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

Табла 16

Истраживачка картица **10\_B**

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

11\_B

аутор

**Nicholas Grimshaw**

назив

**Project Eden**

град

**St. Blazey, UK**

година

**2001**

## референце

референтна слика



садржај

Изглед: Пројекат је конструисан без коришћења откопа кинеске глине. Скулптуре укључују велике пчеле и стуб роботе - тематске креатуре креиране од старих електричних примена. Биоми: Са стране откопа су два покривена биом: The Humid Tropics Biome, који је највећа зелена кућа у свету, покрива 1.559 хектара. The Warm Temperate Biome покрива 0.654 хектара и трећи биом назван "the Edge" може бити израђен у преосталом простору у несређеном делу откопа кинеске глине. Пројекат, ма колико био зависан на фондацији од £50M телевизијског такмичења the Big Lottery Fund, ће почети у децембру 2007. The Edge ће примарно истраживати изазове, које цивилизација неће сresti до климатске промене. Биоми ће бити конструисани од лима из тубе просторног оквира са највише хексагоналних спољних стаклених панела направљених од термо пластике ETFE. У незнању, стакло је било чувано због његове тежине и потенцијалне опасности. Панели пресвучени стаклом са више слојева UV-транспарентног ETFE филма, који су залепљени дуж обима, како би формирали велики јастук. Резултирајући јастук ради као термички покривач целе структуре. ETFE материјал је отпоран према скоро свој прљавштини, која се лако опере кишом. Ако је захтевано чишћење, оно може бити урађено и професионалним пењањем. Мада ETFE је осетљив на убоде, то може једноставно бити решено са ETFE траком. Структура је комплетно само-носећа, без унутрашњих носача, и има форму геодезијске структуре. Панели варирају у величини од 9 метара, са највећим на врху структуре. ETFE технологија је опремљена и инсталирана од стране Vector Foiltec, који су такође одговорни за будуће одржавање облагања стаклом. Челични просторни оквир и стаклени пакет (са Vector Foiltec као ETFE предузимач) је пројектован, допремљен и инсталиран од стране MERO (UK) PLC, који се такође уклапа са целокупном шемом геометрије архитекте, Nicholas Grimshaw & Partners. Рачунари контролисан еколошки контролни систем, који регулише врућину и влажност у оквиру сваког биома је пројектован и инсталиран од стране HortiMax Ltd, који су такође одговорни за текуће одржавање и еколошке конзоле и системе снимања. Пројекат је вођен од стране McAlpine Joint Venture.

abstract

Ова зграда показује потребу за дигиталним алатима (роботи) из два разлога: структурални и био-климатски. Главни допринос је добијање специјалних природних услова на месту, где они нису уобичајени.

кључне речи **БИОМИ**

белешке

[http://en.wikipedia.org/wiki/Eden\\_Project](http://en.wikipedia.org/wiki/Eden_Project)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Nicholas\\_Grimshaw](http://en.wikipedia.org/wiki/Nicholas_Grimshaw)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

Табла 17

Истраживачка картица **11\_B**

vrста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

**12\_B**

аутор

**Future Systems**

назив

**Selfridges Birmingham**

град

**Birmingham, UK**

година

**1998**

## референце

референтна слика



abstract

Скулптурална форма заједно са новим материјалима производи добру средину за коришћење нових технологија.

садржај

Амбиција ове шеме је одлична. Наш задатак није био само да се испројектује држава од уметничких робних кућа, него и знак за Birmingham, тако да би зграда сама по себи могла да постане катализатор урбане регенерације.

Могамо да реинтерпретирамо нотацију робне куће, не само у форми и појави него и у друштвеној функцији, какву зграда данас има у друштву. Однос ње и цркве је значајан, представљајући религиозне и комерцијалне животе града, који који су умешани са страна преко сто година.

Флуидност облика подржава падање тканине или мекоћу линија тела, растући од земље и нежно близу крајева пре неке врсте нестанка. Он се затим закривљује поново и преко форме крова, у једном континуалном покрету. Кожа је направљена од хиљада алуминијумских дискова, креирајући фина, светлућа зрна Т као размеру змије или секвенци Росо Рабанне хаљине. На сунчевом светлу, рефлектирање минутних промена у временским условима и узимање боја, светла и облика људи и ствари, који пролазе поред - анимирају и одузимају дах.

Ентеријер је планиран око драматичног крова осветљеног атријумом пресеченог белим мачијим клупком скулптуралног стеленишта и малог, али исто тако моћног атријума.

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Завршетак              | 2003                 |
| Вредност уговора       | £60 million          |
| Површина               | 25,000m <sup>2</sup> |
| Клијент                | Selfridges & Co      |
| Структурално + Сервиси | Engineer Arup        |
| Квантитет              | Surveyor Boyden & Co |
| Уговорач               | Laing O'Rourke       |

кључне речи **аморфна форма + нови материјали**

белешке

[http://www.future-systems.com/architecture/architecture\\_03.html#](http://www.future-systems.com/architecture/architecture_03.html#)  
[http://www.danda.be/reviews/selfridges\\_birmingham\\_future\\_systems/](http://www.danda.be/reviews/selfridges_birmingham_future_systems/)  
<http://www.arup.com/europe/feature.cfm?pageid=364>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Future\\_Systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Future_Systems)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**Norman Foster**

**13\_V**

назив

**Library for the Faculty of Philology - FU Berlin**

град

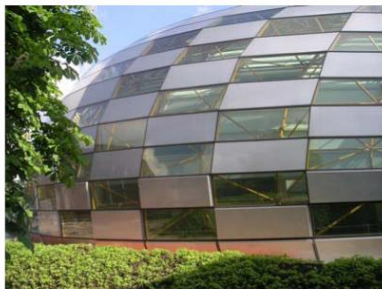
**Berlin, Germany**

година

**2005**

## референце

референтна слика



## садржај

Од краја Другог светског рата, Free University је имао централну улогу у интелектуалном животу Берлина. Као једна од градски највише симболички важних институција, његова фондација обележава поновно рођење либералног учења овде после рата. Ова развојна шема укључује рестаурацију његових модернистичких зграда и пројекат нове библиотеке кампуса. Груба појава ових старих зграда води ка привлачном надимку Rostlaube - груба корпа. У сваком случају, у уским пресецима коришћеним од стране Prouv, челик је био завршио као отпад, који је до касних 1990s постао примаран. Као део процеса увежбавања реновације старе завршне обраде био замењен са новим системом у бронзи, који како је патинирао током времена - надграђује детаље и боје тонова оригинала. Нова библиотека Факултета Филологије користи локацију креирану од шест универзитетских дворишта. Његова четири спрата су садржана у природно вентилираној, налик на мехур опни, која је обложена алуминијумом и глазираним панелима и подржана челичним оквирима са радијалном геометријом. Унутрашња мембрана прозирних стаклених влакана филтрира дневно светло и креира атмосферу концентрације, јер сакривени транспарентни отвори дозвољавају моменталне погледе ка небу и зраке синца. Полице са књигама су лоциране у центру сваког спрата, са столовима за читање постављеним око пречника. Профил серпентине спратова креира завршетак шеме у коме се сваки спрат завршава у односу на онај измад или испод њега, генеришући секвенцу величанственог, светлошћу пуног простора за рад. generating a sequence of generous, light-filled spaces in which to work. Занимљиво, елипсаста горма библиотеке је добила надимак The Berlin Brain.

## abstract

У овој згради радијална геометрија са употребом металних и стаклених панела, као и отворена функција са много светла производи потребу за размишљање у складу са новом технологијом.

## кључне речи **радијална геометрија + отворена функција**

### белешке

<http://www.fosterandpartners.com/Projects/0980/Default.aspx>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Free\\_University\\_of\\_Berlin](http://en.wikipedia.org/wiki/Free_University_of_Berlin)

### место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

### поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација



врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**Coop Himmelb(l)au**

**15\_V**

назив

**BMW Welt München**

град

**Munich, Germany**

година

**2007**

## референце

референтна слика



abstract

Форма на путу, како би се добио знак, који је анализиран кроз употребу и величину површине потребне за специјални третман дигиталним пројектовањем.

садржај

BMW Group је планиран у близини своје главне зграде и Olympiapark у Munich као центар за искуство бренда и испоруку возила. Главни елемент COOP HIMMELB(L)AU идејног пројекта је велики хол са скулптуралним кровом и дупла кула која се појављује у релацији са постојећим комплексом главне зграде. Хол је место продаје за различите и потребе промене и непогрешив знак за BMW Group. Топографија ентеријера креира различите просторне густине и текуће међупросторе. Срце зграде је "Premiere" простор испоруке возила. Изнад овог простора висе ложе корисника, који дозвољавају гледање кроз простор догађаја и у правцу BMW главне зграде.

Пројектантски подаци: површина локације: 25.000 m<sup>2</sup>, Површина великог нивоа: арпрох. 73.000 m<sup>2</sup> (excluding ramps) = 100%, Површина великог нивоа изнад приземља: арпрох. 28.500 m<sup>2</sup> = 40%, Површина великог нивоа у подруму: арпрох. 44.500 m<sup>2</sup> = 60%,

Конкурс (1 награда): 2001

Старт пројектовања: 11/2001, Старт конструкције: 08/2003, Отварање: 10/2007,

Трошкови грађења: изнад 100 Mio Euro,

Креирани послови: арпрох. 200

Испорука возила: max. 250 дневно, Фреквенција посетилаца: 850.000 годишње

Клијент: BMW AG, Munich, Germany

Структурални инжењер: Bollinger + Grohmann, Frankfurt, Germany

Schmitt, Stumpf, Frühauf + Partner, Munich, Germany

кључне речи **знак-форма**

белешке

[http://www.0lll.com/archgallery2/coop-](http://www.0lll.com/archgallery2/coop-himmelblau_bmw-welt/index.htm)

[himmelblau\\_bmw-welt/index.htm](http://www.0lll.com/archgallery2/coop-himmelblau_bmw-welt/index.htm)

<http://www.coop-himmelblau.at/>

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**Massimiliano Fuksas**

**16\_V**

назив

**New Milan trade fair**

град

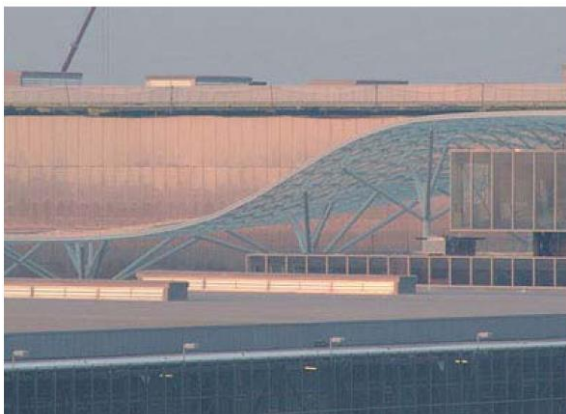
**Milan, Italy**

година

**2006**

## референце

референтна слика



садржај

Један површински поглед на комплекс илустрира једноставан план: централна кичма храни изложбени хол целом њеном дужином са друге стране. Ова кичма је најдраматичнији елемент пројекта, један савијен, прекривен стаклом пролаз, у размери аеродрома.

Јасно Fuksas је користио рачунарску технологију, која му дозвољава креирање мехурастих површина, које су много јаче од кутијастих структура. Мада понављање Peter Cook и Colin Fournier's Kunsthaus Graz, структуре као ова ће постати све чешће као конструкција, која се поклапа са рачунарским пројектом архитектата. Можда ћемо видети пројекте као ове грађене на површини између сиромашних површина (Milan's elongated sanopy) и институционалних пројеката (Graz's attention-seeking museum). Мехурасти бирои или високо рангирано становање у будућности.

abstract

Велика размера ове зграде представља производњу у индустријском правцу са огромном подршком дигиталне производње.

кључне речи **сајамска зграда великих размера**

белешке

[http://www.architectureweek.com/2006/1129/design\\_1-2.html](http://www.architectureweek.com/2006/1129/design_1-2.html)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

Табла 21      Истраживачка картица **16\_V**

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**UN Studio**

**17\_B**

назив

**Galleria Department Store**

град

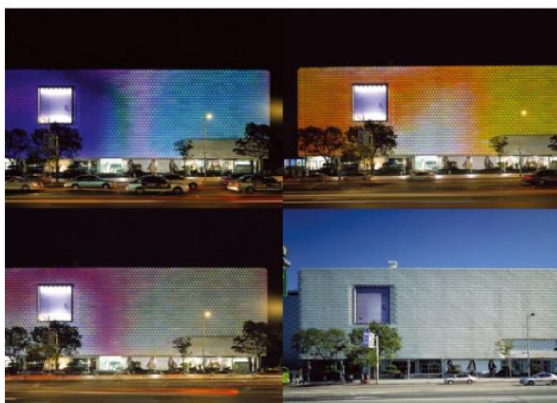
**Seoul, South Korea**

година

**2004**

## референце

референтна слика



садржај

The Galleria Department Store пројекат је имао два циља. Први је био да нова фасада пројектује живе, чак променљиве површине. Укупно 4330 стаклених дискова су монтирани на постојећу бетонску кожу зграде. Стаклени дискови укључују специјалне фолије, које генеришу ефекат перли током дана, док је током ноћи сваки диск осветљен LED светлима, који су програмирани да направе више могућих ефеката. Други циљ је реновација ентеријера у луксузни интегрисани пројекат. Инспирисан ходом мачке, корисник налази себе у свету моде, кретањем кроз више коридора. Унутрашњи пројекат је фокусиран на елиминацији супер светлећих детаља и представља интеграцију великог детаља.

Клијент: Hanwha Stores Co., LTD

Локација: Hanwha Stores Co., Ltd. / 515, Apgujung-dong/ Kangnam-ku/ Seoul 135-110/ Korea

Грађевинска површина: Фасада 3.278 m<sup>2</sup> / ентеријер=21.986 m<sup>2</sup>

Програм: пројекат фасаде, пројекат ентеријера, пројекат унутрашњег намештаја  
Статус/фаза: реализовано децембра 2004

abstract

Кожа огромног стакленог панела, који се мења временом значи употребу кодирања интегрисаног у пројектантски процес.

кључне речи **промена фасаде**

белешке

<http://www.unstudio.com/projects/year/2004/1/141>

<http://en.wikipedia.org/wiki/UNStudio>

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

vrста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**OMA**

**18\_V**

назив

**CCTV Beijing**

град

**Beijing, China**

година

**2008**

## референце

референтна слика



abstract

Употреба зграде захтева такође и употребу великог броја дигиталних елемената у својој производњи.

садржај

The Media Park је лоциран на у јужном блоку локације са површином око 25,600m<sup>2</sup>. То је намера зоне куповине и зеленила у главној оси CBD. Media park се пореди са једним вештачким рељефом компонованим меким пејзажом и спољашњим структурама, које представљају простор за спољашњу медија забаву и позадину за спољашње емитавање CCTV. Комбинација медија и природе даје узбуђење и мир мисли од града у Beijing. Media park ће дати не само развијену медијску технологију, него и амбицију да се продужи емитавање на различите начине ка публици.

ЧИЊЕНИЦЕ:

Пројекат:

CCTV станица и главни штаб - Media Park

Статус:

Такмичење април 2002; завршетак 2008

Клијент:

China Central Television (CCTV)

Буџет:

5 billion RMB

Место:

Beijing, China

Локација:

20 ха у новој централној пословној области

Програм:

укупно пројекат 575.000m<sup>2</sup>.

кључне речи **медије**

белешке

[http://www.oma.eu/index.php?](http://www.oma.eu/index.php?option=com_projects&view=portal&id=55&Itemid=10)

[option=com\\_projects&view=portal&id=55&Itemid=10](http://www.oma.eu/index.php?option=com_projects&view=portal&id=55&Itemid=10)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

Табла 23

Истраживачка картица **18\_V**

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**Diller & Scofidio**

**19\_B**

назив

**Eyebeam Art Centre New York**

град

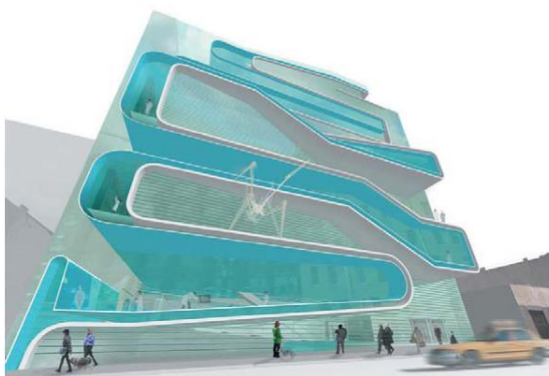
**New York, US**

година

**2007**

## референце

референтна слика



садржај

Хибридна природа Museum of Art and Technology, у исто време и музеј и провидња/образовање факултет, провоцира архитектуру пресека програма и просторног таласања. Архитектонски концепт почиње са пливајућом траком, која дели програм; производни простор са једне стране (плаво) и простор презентације са друге стране (сиво). Трака је савијена од стране до стране као да се пење са улице, савијајући спрат у зид, савијајући у под, клизећи назад постелено ка затварању анвелопе. Са сваком променом правца траке могуће је одвијање производног или презентационог простора, који комбинује заједно у главни програм дивизија и популација зграде (станари и посетиоци) као и различите активности и брзине. Пошто станари користе источни коридор, а посетиоци западни, сви морају да прођу кроз све просторе, када циркулишу на различите нивое. Трака је понекад подељена и клизи испод нивоа и сили изнад, спајајући производни и простор презентације. Зграда је пројектована као систем контролисаних контаминација. Између плавог и сивог пливања је нервозни систем зграде, који мора бити умотан сваких неколико година. Пројекат је изабран на дводелном међународном конкурс.

abstract

Специјална форма као и специјална употреба реферишу ка дигиталном процесу у изградњи.

кључне речи **технологија у употреби и форми**

белешке

<http://www.arcspace.com/architects/DillerScofidio/eyebeam>

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структуре
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**James Stewart Polshek**

**21\_B**

назив

**Rose Center for Earth And Sun**

град

**NY, US**

година

**2000**

**референце**

референтна слика



abstract

Веза између старог и новог дела музеја је била могућа са новим технолошким елементима.

садржај

James Stewart Polshek, архитекта, који је пројектовао нови Rose Center, је желео да пројектује космичку катедралу, "једно од интензивних запамћених просторних искустава", са намером да заплаши и инспирише посетиоце и да прошири њихово веровање у чуда универзума и снагу научне консултације". Научна прецизност и огромна пажња ка детаљу су дозволили Hayden Sphere да лебди безбрижно у невероватно чистој стакленој кугли; без обзира да ли изаберемо чудо у једноставној геометријској лепоти или вештину инжењерства. Зид The Rose Center's је највеће стакло у US, са скоро једним акером запањујући чисте Pilkington водено белог стакла подржаног заједно са две и по миље изведених стубова и 1,400 челичних хваталки. The Hayden Sphere, која тежи 4 милиона миља и 87 стопа у пречнику, подржана је са три пара стубова, са намером да нестане, креирајући илузију, где је она обложена у средини отвореног простора. Црни подови сијају затворени са комадима чешког стакла и чак и лифтови имају стаклена врата. Прошлог лета, музеј је комплетирао акар јавног простора, the Arthur Ross Terrace, на граници the Rose Center "унифицирање историјског, традиционалног понављања и функције музеја са сјајним материјалима и модерним пројектом Rose Center". Пројектована од стране пејзажног архитекте и еколошког уметника Kathryn Gustafson и базирана на концепту лунарне еклипсе, тераса која укључује водене бродове, фабричко оптичко светло и углове са клупама. Тераса је пејзажна са дуплим редом Pagoda дрвећа са евентуалном формом тунела, марла Mountain Laurel укључујући врсте назване Star Cluster, Comet, Shooting Star и Galaxy, и Gingko Trees, само врсте фамилија дрвећа из Earth's Carboniferous Period (преко 290 милиона година). Нови центар такође нуди преко потребна уживања посетилаца и сервисе укључујући троспратни паркинг, два спрата од којих један припада приземљу и прави затворену површину за аутобусе ученика, рестораном, јавним пролазима, на улазу на Columbus Avenue и дивној подземној станици Central Park West.

кључне речи **структурална подршка**

белешке

[http://www.polshek.com/mus\\_rose.htm](http://www.polshek.com/mus_rose.htm)  
[http://www.space.com/news/design\\_sidebar\\_000226.html](http://www.space.com/news/design_sidebar_000226.html)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

аутор

**Toyo Ito**

**22\_V**

назив

**Sendai Mediatheque**

град

**Sendai-shi, Japon**

година

**2001**

## референце

референтна слика



abstract

Специфична форма заједништва са специфичном употребом зграде са различитим условима осећаја упућују на специјалну конструкцију и материјале.

садржај

Планирање "sendai mediatheque" почиње 1994. На почетку, планови за мултифункционалне садржаје су садржавали библиотеку, галерију, центар визуелних медија, који такође садржи сервисе спознаје звучног и визуелног. Повремено, планови су се мењали и уместо једноставних "мешовитих - коришћених" садржаја, са намером да обухвати већу сферу функција, које би дозволиле садржајима да оперишу, поставља се саунифицирана "медиаатека" са обичним циљевима да одговори на константно мењање информационе средине различите потребе корисника. The "sendai mediatheque" ће повезати, штитити, излагати и презентовати различите форме медија без везе са формом или типом. Ови јавни садржаји 21 века ће, кроз различите функције и садржаје бити у могућности да подржавају образовне активности својих корисника. Структура: зграда је компонована из 13 независних промена челичне траке (табуларни стубови: углавном конструкција челичне цеви) и 7 челично - ребрастих плоча ("сапасте"плоче: сендвич челична оплата конструкција), дајући сваком спрату различит план спратова. Климатизација: виши излази на дуплом стаклу ("дупла кожа") јужне фасаде редукујући трошкове вентилације ваздуха. Отварање отвора лети ствара хлађење, затварање отвора зими ствара један изолациони слој ваздуха. Цеви за светлосне зидове, цеви, вертикални мобилитет: структура цевастих стубова служи као светлосни зидови, са уређајима крова да рефлектује сунчево светло ка цевима у згради и такође као вертикални конектор "pipelines" за мреже каблова, жица, елеватора и степеништа.

Подаци:  
површина локације: 3.948.72m, грађевинска површина: 2.933.12m, тотална површина спратова: 21.682.15m  
max висина: 36.49m  
величина: 2 спрата испод приземља + 7 спратова изнад приземља + кров  
структура: челична-ребраста са деловима претходно напрегнуте бетонске конструкције  
конструкција: 17. дец 1997-10. ауг 2000  
трошкови конструкције: approx 13 милиона јена

кључне речи **спознаја визуелног и звучног**

белешке

<http://www.galinsky.com/buildings/sendaimediatheque/index.htm>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Toyo\\_Ito](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyo_Ito)

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

Табла 26

Истраживачка картица **22\_V**

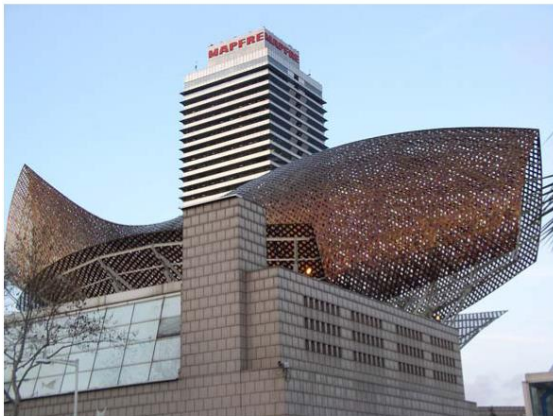
врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**  
аутор **Frank O Gehry**

библиографска јединица  
**24\_V**

назив **Vila Olimpica**  
град **Barcelona, Spain**  
година **1989–92**

## референце

референтна слика



садржај

Конструкција ових нових форми презентује повећање техничких комплексности, и захтевано рачунарско решење. На почетку са монументалном скулптуром рибе (Fish Sculpture) на Vila Olimpica у Barcelona, Spain (1989–92), фирма користи CATIA (computer aided three-dimensional interactive application-рачунарски подржана тродимензионална интерактивна апликација). CATIA, која је оригинално развијана за француску аеро индустрију, је омогућила превод Gehry's флуидних скица и модела у грађевинске радове и реализације амбициозних пројеката са установљеним параметрима пројекта.

abstract

Скулптура рибе представља једну од почетних форми у дигиталној архитектури, као и архитектури Frank O Gehry уопште.

кључне речи **форма рибе**

белешке

[http://en.wikipedia.org/wiki/Frank\\_Gehry](http://en.wikipedia.org/wiki/Frank_Gehry)  
<http://www.guggenheim.org/new-york/press-room/press-releases/press-release-archive/2001/682-may-15-frank-gehry-architect>

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

Табла 27      Истраживачка картица **24\_V**



врста информације истраживања **ЗГРАДЕ**

библиографска јединица

**25\_V**

аутор

**Herzog & de Meuron**

назив

**Elbphilharmonie**

град

**Hamburg, Germany**

година

**2007-**

## референце

референтна слика



abstract

Ова зграда је направљена у више слојева у сваком погледу: време, материјал, и јавност и уз огромну дигиталну и механичку подршку.

## садржај

Филхармонија у Хамбургу (The Hamburg Philharmonic Hall)

У облику the Hamburg Philharmonic Hall, Hamburg прихвата нову и импресивну концертну кућу и ону која ће достићи ниво десет најбољих светских концертних сала. Ово ће требала да буде изванредна локација за представљање класичне музике као и џеза, светске музике и поп музике. The Hamburg Philharmonic Hall ће постати нови знак града и, у исто време, место за свакога. Нови грађевински комплекс ће садржавати три концертне хале, хотел са салом за међународне конференције, становама, плазом висине од 37 метара, wellness простор и велики број паркинг простора у робној кући. Комплекс је заснован на пројекту реномираних швајцарских архитеката Herzog & de Meuron.

Велики аудиторијум

Циљеви The Hamburg Philharmonic Hall су да буде један од најбољих концертних аудиторијума у свету. То ће бити једно изузетно место за класичну музику, као и џез, светску музику и поп. Велики концертни аудиторијум са отприлике 2,150 места, ће преузети понос на месту the Hamburg Philharmonic Hall. То не прати ортогонални концепт такозване 'кутија за ципеле' бине. Оркестар и диригент су смештени у центру делова публике, који се узвишују у неправилне терасе и формирају дубоке стране котла. Светло је рефлектовано са оштрих површина. Рефлектор у оштро тачкастој таваници је уочљивих црта. Он обезбеђује изузетну акустику и делове система осветљења.

Фасада

Нова зграда је сјајно стаклено тело, чије површине су формиране различито у односу на одређене пресеке. Једноставна стаклена фасада у облику шкољке показује три унутрашња коришћења зграде. У хотели, отвори за ваздух постају попут таласа, док балкони апартмана, удубљења у стаклу, гарантују спектакуларан поглед, заштиту од ветра и вентилацију везаних соба све у једном. Концертни аудиторијум, који гледа унутра, сија са својим бојеним фоајеом кроз стаклени зид. Мрежа белих тачака ће бити штампане на фасади да обезбеде заштиту од сунца. Густина мреже ће бити индивидуално израчуната, са подршком рачунара, тако да свака соба има прикладну заштиту у зависности од њихове функције.

кључне речи **бетон + стаклене шкољке**

белешке

<http://www.elbphilharmonie.de/>

место у дигиталном ланцу

- пројектни задатак
- приступ пројектном задатку
- унутрашњи и спољашњи утицаји на приступ пројектном задатку и дигитално пројектовање – кодирање
- утицај параметара машине
- дигитално пројектовање - кодирање
- реализација 1 - прототип
- утицај средстава за транспорт и монтаж
- реализација 2 - производња структура
- презентација и осигурање структуре
- опште

поље истраживања

- дефиниција дигиталног ланца
- теорија архитектуре
- архитектонско пројектовање
- архитектонска реализација

**ПРИЛОГ 3: Упутства за теоретски део СААД Мастер курса 2005/2006,  
ETHZ<sup>212</sup>**

---

<sup>212</sup> MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06, приступљено 06.05.2016.,  
<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/MAS0506.html>,

**MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06**

Master of Advanced Studies in Architecture, Specialization in Computer Aided Architectural Design | 065-0005/6  
Supervision: Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Philipp Schaerer  
Chair of CAAD, ETH Zurich

**MODULE 01: SCRIPTING**

Supervision: Kai Rüdener, Philipp Schaerer



[Introduction](#) | [Assignment](#) | [Deadlines and Schedule](#) | [Introduction To VectorScript](#) | [Internal Ressources](#) | [External Ressources](#)

**Introduction**

In this module we like to introduce the concept of programming. You will create 2D and 3D intelligent CAD-objects. We will not draw them. We try to describe them by arithmetic expressions, numbers and variables. Starting point are selected graphic patterns which we try to analyse and define the specific composition rules. Like a recipe, you will write down step by step how the pattern is built up starting from a blank sheet. This joins the concept of algorithms. "An algorithm is a finite set of well-defined instructions for accomplishing some task which, given an initial state, will terminate in a corresponding recognizable end-state. Algorithms are essential to the way computers process information, because a computer program is essentially an algorithm that tells the computer what specific steps to perform."  
In a second step we will program with the scripting language Vector-Script the investigated sets of rules. By the integration of parameters the generation of many variants in short time are possible. Changing the values leads to unexpected results.

**Keyword:** Parametric CAD

Parametric means related to one or more parameters. Practically speaking, the user can modify the value of the dimensional parameters. Distances, angles and rays can all be set, producing corresponding variations to the geometric entity to which the parameter refers and generating modifications in the entire CAD design.

**Keyword:** Scripting Languages:

Scripting languages allow you to define parametrically-defined and intelligent objects which can be easily used and edited. CAD Scripting Languages can contain all the information necessary to completely describe building elements as 2D CAD symbols, 3D models and text specifications for use in drawings and presentations. Many application programs include scripting language tailored to the needs of the application user.

**Keyword:** Vector Script:

Vector-Script is the scripting language component of the Vector-Works software package. It is a lightweight programming language which syntactically resembles Pascal, incorporating many of the programming constructs of that language. Vector-Script is actually a "supset" of the Pascal language, extending Pascal capabilities with a number of API's (application programming interfaces) which provides access to the features and functionality of the Vector Works CAD engine.

**Assignment 1:**

Starting point of the first Assignment are selected graphic patterns which we will analyse and define their specific composition rules. Like a recipe, you will write down step by step how the pattern is composed.

Procedure: Choose eight patterns, ornaments or structures of your environment! Select your two favorites and analyse them. Find for each five patterns, ornaments or structures who focus on one of the characteristics of the chosen favorite. Present your results on the twiki.

Presentation Assignment 01-1: Fri, 03.11.2005, 11.00 o'clock, HIL E 15.1.

In a second step we will learn how to program the set of rules of your favorite pattern with the scripting language VectorScript. Variations of the pattern are easily done by integration of parameters. It is not the aim to program the pattern in detail! The pattern and its description rules should be the starting point of your transformation .

Presentation Assignment 01-2: Wed, 23.11.2005, 14.00 o'clock, HIL E 15.1

**Results:** ...>>

### Assignment 1:

Starting point of the first Assignment are selected graphic patterns which we will analyse and define their specific composition rules. Like a recipe, you will write down step by step how the pattern is composed.  
Procedure: Choose eight patterns, ornaments or structures of your environment! Select your two favorites and analyse them. Find for each five patterns, ornaments or structures who focus on one of the characteristics of the chosen favorite. Present your results on the twiki.

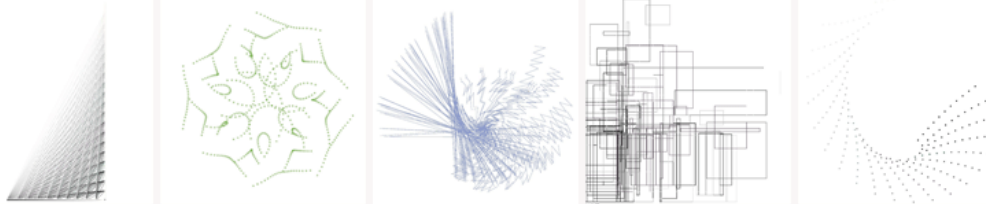
Presentation Assignment 01-1: Fri, 03.11.2005, 11.00 o'clock, HIL E 15.1.

In a second step we will learn how to program the set of rules of your favorite pattern with the scripting language VectorScript. Variations of the pattern are easily done by integration of parameters. It is not the aim to program the pattern in detail! The pattern and its description rules should be the starting point of your transformation .

Presentation Assignment 01-2: Wed, 23.11.2005, 14.00 o'clock, HIL E 15.1

Results: ...>>

### Mini-Assignment I:



Write five small scripts. Experiment with the if statement, for loop and mathematical operations like sinus and cosinus. If you like your results can be geared to the op art. Present each script with a small thumbnail (335x335 pixel) on your twiki page.

### Mini-Assignment II:

Write a VectorScript to move one or more objects like the move tool in autocad!

#### Results:

You must copy the vst file into your 'RWeiterungen' or 'Plug-Ins' folder from Vectorworks e.g. C:\Programme\VectorWorks 11\Plug-Ins

|                                   |                        |  |
|-----------------------------------|------------------------|--|
| B. Dillenburger:                  | C. Fuhr:               | F. Thessling: FrankThessling.vst               |
| M. Tann: Deluxe.vst, Standard.vst | Matthias Zäh: move.vso | M. Annen:                                      |
| M. Versteeg: MoveTo.vst           | T. Wendt: MoveTo.vst   | T. Kotnik: repeat_copy.vst, move.vst, copy.vst |
| D. Y. SHIN:                       | Y. Girot-Ifrah:        | S. Markovic:                                   |

### Mini-Assignment III:

Make a plug-in ! Each plug-in must have an icon and should be presented on the twiki with a meaningful screenshot and descriptive short text. Organize the 'layout' in your group and include all results from every single personal page in one twiki page.

Results: ...>>

### Deadlines and Schedule

Check always MAS05-06 Calendar : the page about deadlines, meetings and locations. It's the permanently moderated list and central infobase

### Introduction to VectorScript

VectorScriptExamples

### Links

Internal Ressources :

- VectorscriptBooklet
- VectorworksBooklet
- VectorScript\_LanguageGuide.pdf
- VectorScript FunctionReference

External Ressources:

- VectorScript Support von Vectorworks
- VectorScript Forum von Nemetschek
- custom tools created by VectorWorks users Vectordepot
- Syntax Highlighting for VectorScript:
  - WIN Texteditor
    - not for free UltraEdit
    - wordfile zu UltraEdit
  - MAC Texteditor
    - not for free BBedit
    - for free TextWrangler

Табла 29а Упутство за Модул 1 – Кодирање (енгл. Scripting)

### MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06

Master of Advanced Studies in Architecture, Specialization in Computer Aided Architectural Design | 065-0005/6  
Supervision: Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Philipp Schaerer  
Chair of CAAD, ETH Zurich

### MODULE 02: TRANSLATING

Supervision: Steffen Lemmerz, Kai Rüdener, Philipp Schaerer  
Introduction | Content | Deadlines and Schedule | Resources

Mod2-Icon.jpg

#### Introduction

Translating:

A substantial aspect while using the computer as a tool concerns the procedure of translating. With simple procedures like scanning, importing and exporting files, data is translated and will be substantially or insignificantly changed.

Starting point are again image samples. This time, they are read, analyzed and changed by the machine. The user defines the granulation, sharpness and the rules of the transformation within the process.

Übersetzen:

„, Ein wesentlicher Aspekt beim Umgang mit dem Computer als Werkzeug ist der Vorgang des Übersetzens. Bei einfachen Vorgängen wie dem Scannen, dem Importieren und Exportieren von Dateien, bei jedem Wechsel der Programme werden Daten übersetzt, wesentlich oder unwesentlich verändert.“

Erneuter Ausgangspunkt sind Bilderproben. Sie sollen diesmal von der Maschine gelesen, analysiert und verändert werden. Der Benutzer steuert bei diesem Prozess die Körnung, Schärfe und die Regeln der Umwandlung.

#### Content:

Starting point are portrait images, which are stored in the bitmap format (.bmp). Prepared Perl-Scripts read the images and export the selected information into a XML file. A Vector-Script imports and parameterizes the file depending on user-defined sets of rules. The scripts can be adapted and changed by the students. The samples will be materialised afterwards with the CNC laser.

Ausgangspunkt sind Portraitaufnahmen, die im Bitmap Format abgespeichert werden (.bmp). Vorbereitete Perl-Scripts lesen die Bilder und exportieren die ausgelesenen Informationen in eine XML-Datei. Ein Vector-Script importiert und parametrisiert die Datei nach frei definierten Regelwerken. Die Scripts können von den Studierenden beliebig angepasst und verändert werden. Die so entstandenen Arbeitsproben sollen anschliessend auf dem CNC-Laser materialisiert werden.

#### Deadlines and Schedule

Check always MAS05-06 Calendar : the page about deadlines, meetings and locations. It's the permanently moderated list and central infobase.

#### Resources

- \* Scripts needed for Module 02
- \* Cygwin Package for Windows
- \* Perl Imager Module for OS X
- \* Perl XML Module for OS X
- \* Perl Documentation
- \* Perl Introduction

#### To start the perl-script, the following steps are necessary:

- \* Start your terminal (mac: terminal application in utilities folder/win: start your cygwin environment)
- \* Change the working directory to your module02 folder using "cd" and "ls" (check google for basic linux shell syntax)
- \* Make sure the settings-file (eg. settings.txt) and the bitmap-file are ready and placed into your module02 folder
- \* Start the perl script using the following syntax: perl 051208\_bitmap2xml.pl 051209\_settings.txt
- \* You will find the resulting XML file in that same folder if the script finished successfully

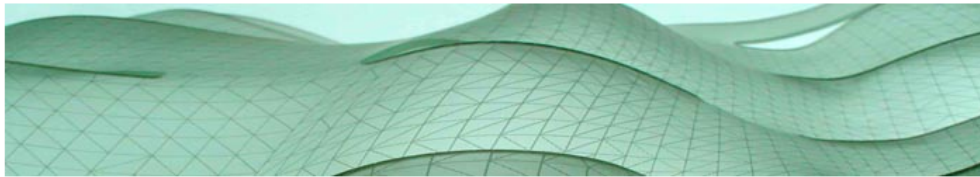
Now you can read in the XML file using the vectorscript parser within Vectorworks. Good Luck.

**MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06**

Master of Advanced Studies in Architecture, Specialization in Computer Aided Architectural Design | 065-0005/6  
 Supervision: Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Philipp Schaerer  
 Chair of CAAD, ETH Zurich

**MODULE 03: RAPID FABRICATION | CNC - MILLING**

Supervision: If Ebnöther, Alexandre Kapellos, Steffen Lemmerzahn, Philipp Schaerer



[Introduction](#) | [Warm-Up](#) | [Assignment2](#) | [Ressources](#) |

**Introduction:**

Over the past fifteen years, computer-aided design has dramatically changed the development and fabrication cycle in most design industries. In the large design based professions outside of architecture, (aerospace, auto, shipbuilding, industrial design...) computer aided manufacturing (CAM) has evolved alongside CAD as the principal method of transferring a design from digital into a physical reality.

Recent changes in affordability and availability of computing power, complex modeling software, and facilities for CAM have made this technology available to architects and the greater design industry. This changes the current typical production cycle, from the distinction between design and fabrication, to a process where the designer is also intrinsically involved in the manufacturing of the components for the assembly of the whole.

There are a number of different forms of automated fabrication based on either 2d cutting of materials, or three dimensional methods of solid or surface form creation. There are two basic processes of 3d fabrication, additive and reductive. Additive processes, sometimes referred to as 'rapid prototyping' construct a model by building-up its geometry based on sectional layering of material, the smaller the layer thickness - the greater the precision of the model. Reductive fabrication is the opposite; it begins with a solid block of material and carves off the excess to reveal the designed form. In this course we will primarily focus on the reductive technology of CNC milling.

This seminar will be an introduction to the design and manufacturing of complex surface forms. The focus of study is the aesthetic, technical, and tectonic potentials of three-dimensional surface topology in architecture, based on the combination of digital modeling, scripting or programming, and computer numerically controlled (CNC) manufacturing. The module will be run as a product development studio, where the methodology and design decisions are as important as the final produced piece. Experimentation and the design cycle are an integral part of the working methodology, and the results of all trials should be documented. The seminar will be conducted as both an experimental design project, and as a skill-building tutorial.

**Warm-Up:**

Firstly, there will be a basic skill building assignment following the basic milling work progression:

1. generating a surface, or series of surfaces, (MAYA or other CAD)
2. translating them into G-Code, (Surf-CAM)
3. and finally milling the pieces. (Precix)

Each student is required to create a milled surface with dimensions of 500mm x 400mm x 70mm (maximum). The surface is to be created in Maya (or any other CAD program), and broken into several component areas. When using Surf-CAM to create milling paths for the surface, the different areas can be used to differentiate and experiment with parameters for the milling path types, step sizes, and milling bits. By varying the parameters the different areas across the surface should demonstrate differing surface textures and patterns.

The emphasis of this assignment is to familiarize the students with the different software, introduce the students to the machine and give them an overview of its capabilities (and limitations), and give the students an idea about the basic work flow and the time requirements.

## **Assignment2:**

The second part of the module will focus on Rapid Prototyping and Rapid Fabrication. In Rapid Prototyping the aim is to quickly develop, test and adapt concepts and designs using CNC-Machines to output the geometry. In Rapid Fabrication we are experimenting with extended processes based on the physical output of the CNC-Mill (casting, GRP, moulding).

Key aspects of CAM-Manufacturing:

### **Precision**

CNC-Machines allow even unskilled users to produce parts of great accuracy.

### **Speed**

Once a design is in the computer, it can be modified and "printed" again and again. Changes in design / construction can be tested fast without having to laboriously rebuild geometries by hand.

### **Complexity**

Due to the universal nature of most CNC-Machines, systems of great complexity, be it varying parts or decoration, can be manufactured.

### **Versatility**

The 3-Axis Mill used for the course can process almost any material with the exception of glass, stone and metals.

There are two available project tracks to follow, check also MAS0506\_Milling3.pdf:

#### **1. A Vessel**

A vessel is generally speaking a container for something, most often a liquid. In the project, students define the thing to be contained (a piece of jewellery, fruit, people, an aeroplane) and develop a housing for it. As important as the end result is the documentation of the process, especially with models and mock-ups.

#### **2. Imaging**

The imaging project track is really a further development of some of the skills learnt in Module 02, here the focus is on large-scale "imaging objects" or a texture wall. With enough participants, this could lead to a collaborative design.

### **Ressources:**

#### *Schedule and Deadlines*

Check always MAS05-06 Calendar : the page about deadlines, meetings and locations. It's the permanently moderated list and central infobase.

#### *Links*

<http://www.untothelast.co.uk/> : a shop in London which sells products fresh from the mill  
<http://www.tisch-mischer.ch/> : design your table, made to order  
<http://www.gewerbemuseum.ch/> : link to the exhibition "DesignLabor"  
<http://www.frontdesign.se/> : very innovative Swedish Designeresses  
<http://www.monsieurfaltazi.com/php/mf.php> : Monsieur Faltazi, "rapid products"  
<http://www.newcraft.de/> : original developers of cnc wood joints

<http://www.wired.com/wired/archive/13.09/fablab.html>  
<http://www.wired.com/wired/archive/12.11/gehry.html>

<http://millcam.ethz.ch/Jview.htm> : the webcam, user: millcam, pwd: miller

#### *Reading*

"fab", Neil Gershenfield (MIT), 2005

#### *Downloads*

<smb://prof-server.ethz.ch/mas0506/all/> (Mac) or  
<\\prof-server.ethz.ch\mas0506\all> (PC) : digital wood-joints by c\_labor  
<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/Extern/CaadBooklets> : manuals for Maya, Surfcam

Lectures from previous courses (historical and technological development of CAD/CAM):  
040112\_MAS03-04\_MODULE03\_MILLING\_INTRO\_001\_LOVERIDGE-R.pdf 040404\_CAAD-SS04\_MILLING\_INTRO\_001\_LOVERIDGE-R.pdf

**MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06**

Master of Advanced Studies in Architecture, Specialization in Computer Aided Architectural Design | 065-0005/6

Supervision: Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Philipp Schaerer

Chair of CAAD, ETH Zurich

**MODULE 04: CONFIGURATOR**

Supervision: Christoph Wartmann, Kai Rüdener, Markus Braach, Philipp Schaerer

**Introduction:**

The main advantage of computers is the great variety of specific tasks it can do with prompt and fast response after 'telling' the machine something. This sort of interaction is inherent in most software that is available. The interaction mainly is combined with the handling and processing of an so called input by one or multiple users. In result the user(s) receive a so called output from the computer that more or less is a processed result of the given input.

If the output is combined with a direct visual feedback of the input and a simultaneous approving of validities, a interaction between man and machine can take place with e.g. always correct results out of many unpredictable combinations. eShop-systems have this sort of interaction by checking the availability e.g. of a book. Car manufacturers allow future costumers to proof check the possible combinations of accessories. For most of this interactions, a technically and ergonomically acceptable user-interface has to be created.

**Aim:**

A front-end interface and partly processing software is the goal of this module. An online configurator has to be designed and realised. The aim is to let remote user interact with a given set of parameters. The user gets a graphical feedback of his/her manipulation. Finally, the user can store the parameters in order to postprocess it.

**Exercises**

You receive a short introduction onto the programmed world of configurators. The field of activity is FLASH and it's programming language Action-Script. Introductions are given by Christoph Wartmann.

**Schedule:**

Check always MAS05-06 Calendar : the page about deadlines, meetings and locations. It's the permanently moderated list and central infobase.

**Introduction to Flash**

- Basics : variables, conditional statements, repetition statements, arrays,...
- Advanced : attachMovie(), removeMovieClip,...

**Resources:****Internal Ressources :**

- Flash MX Booklet
- ActionScript Booklet
- nds03-04:components:flash:resources
- nds03-04:components:graphic-design-principles
- nds03-04:components:web-interface-design-principles
- nds03-04:components:story-space-in-architectural-terms
- nds03-04:components:story-space-modes
- nds03-04:components:story:aphorism
- <http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/NDS0405/FlashResources>



**External Ressources:**

- **Flash Decompiler**
  - <http://www.sothink.com/flashdecompiler/>
- **Syntax Highlighting**
  - SE|PY ActionScript Editor
  - UltraEdit
- **Userforen And Help On The Internet**
  - Flashforum.de
  - ActionScript.org
  - flashkit.com
  - macromedia LiveDocs
- **Wikipedia**
  - ActionScript
  - Macromedia Flash

**Flash Examples:**

**Interactive Graphics - NDS-Examples:**

**Interactive Graphics And Flash Animation:**

- <http://www.yugop.com/>
- <http://www.tokyoplastic.com/>
- <http://www.samsung.com/common/microsite/e800/>
- <http://www.brunet-saunier.com/v2/>
- <http://touch-ds.jp/>
- <http://destech.mit.edu/akilian/newscreens/thesis2000/reactive/reactive3.html>
- <http://acg.media.mit.edu/>
- <http://www.newpollution.co.uk/lab/>
- <http://www.crin.uqam.ca/flash/fr/index.html>

**Configurators - Examples:**

- <http://www.esg-pav.com>
- <http://www.sodaplay.com/>
- <http://www.modelspace.lo9ic.com/>
- <http://pde.etekt.com/>
- <http://www.oosterhuis.nl/variomatic/variomatic.html>

**MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06**

Master of Advanced Studies in Architecture, Specialization in Computer Aided Architectural Design | 065-0005/6  
Supervision: Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Philipp Schaerer  
Chair of CAAD, ETH Zurich

**MODULE 05: JAVA**

Supervision: Markus Braach

**Introduction to Java**

- Lesson I : Mittwoch 05. April
- Lesson II : Donnerstag 06. April
- Lesson III : Freitag 07. April
- Lesson IV : Mittwoch 12. April
- Lesson V : Donnerstag 13. April

**Extra**

- Squashing bugs

**Ressources and Links**

- <http://java.sun.com/j2se/1.4.2/download.html>
- <http://www.eclipse.org/downloads/index.php>
- <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/java/index.html>
- <http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/api/overview-summary.html>

**Schedule:**

Check always MAS05-06 Calendar : the page about deadlines, meetings and locations. It's the permanently moderated list and central infobase.

**MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06**

Master of Advanced Studies in Architecture, Specialization in Computer Aided Architectural Design | 065-0005/6  
Supervision: Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Philipp Schaerer  
Chair of CAAD, ETH Zurich

**MODULE 06: DESIGN WITH SHEET METAL**

Supervision: Oskar Zieta, Philipp Schaerer



**Introduction:**

The use of CNC fabrication machining is the focus for the final module of this year's postgraduate course. For this module participants are asked to investigate issues of design and fabrication using digital production, while being limited to one material – structural plate steel. The use of this material remove the students from their previous experiences. Short skill building workshops provides a foundation in the skills of CNC Fabrication.

**Exercises**

- 

**Schedule:**

Check always MAS05-06 Calendar : the page about deadlines, meetings and locations. It's the permanently moderated list and central infobase.

**The fundamental procedures / Die grundlegenden Verfahren**

Laserschneiden, Stanz-Technologie, Umformen, Schweißen, Laserschweißen, Biegen, Oberflächenbehandlung

**Date / Termin:** 12.05.06 - 15.06.06

**Trips / Ausflüge**

- 17.05.06 - 16:30 - Blech Team Ruemlang CH.
- 01.06.06 - Trumpf, Baar CH.
- 12.06.06 - Trumpf, Baar CH.

**Kapitel / Kapietel**

- **Kapitel I:** (ETH Hönggerberg, Technopark )
  - Überblick über den Stoff: „BLECH“ Einführung in die Prozesskette Blech
- **Kapitel II:** (Dynamo : Marck Tüscher, Caroline Schweizer)
  - Biegetechnologie : Grundlagen der Biegetechnologie,
  - Schweißtechnologie : Grundlagen der Schweißtechnologie, Schweißverfahren : Lichtbogenhandschweißen, TIG , Praktische Übungen , dynamo
- **Kapitel III:**(Blech Team - Ruemlang, CH, Ref. Heinz Scherrer, Andy Grau)
  - Lasertechnologie : Laserschneiden, Grundlagen der Lasertechnologie Praktische Übungen
  - Stanztechnologie : Umformen, Grundlagen der Stanztechnologie Werkzeugaufbau und Einsatz, Praktische Übungen
  - Biegetechnologie : Grundlagen der Biegetechnologie, Biegeverfahren (Prägen, Freibiegen, Einflussgrößen) Werkzeugaufbau und Auswahl, Praktische Übungen

**Табла 34** Упутство за Модул 6 – Пројектовање са развијеним лимом  
(енгл. Design with sheet metal)

- **Kapitel IV:**( Trumpf – Baar, CH, Ref. Enrico Wyss, Rolf Lattmann)
  - Lasertechnologie : Laserschneiden, Grundlagen der Lasertechnologie (Verfahren und Prinzipien), Programmierung, Praktische Übungen
  - Stanztechnologie : Umformen, Grundlagen der Stanztechnologie (Verfahren und Prinzipien), Werkzeugaufbau und Einsatz, Programmierung, Praktische Übungen
  - Biegetechnologie : Grundlagen der Biegetechnologie, Biegeverfahren (Prägen, Freibiegen, Einflussgrößen), Werkzeugaufbau und Auswahl, Programmierung, Praktische Übungen

#### **Assignment / Aufgabe**

- AufgabeA1
- AufgabeA2
- AufgabeA3
- AufgabeA4

#### **Lectures / Vorträge**

- Enrico Wyss- "Moderne Blechbearbeitungstechniken -Theorie" - Trumpf, Baar CH.
- Rolf Lattmann- "Moderne Blechbearbeitungstechniken - Praxis" - Trumpf, Baar CH.
- René H. Schmutz - forumblech

#### **Gast/Kritiker:**

- Enrico Wyss - Trumpf, Baar CH.
- Rolf Lattmann - Trumpf, Baar CH.
- Beat Karrer Designer aus Zürich CH.
- René H. Schmutz - forumblech

#### **Ressources and Links:**

- Links:

WettbewerbParavent

**Табла 34а** Упутство за Модул 6 – Пројектовање са развијеним лимом  
(енгл. Design with sheet metal)

**MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06**

Master of Advanced Studies in Architecture, Specialization in Computer Aided Architectural Design | 065-0005/6  
Supervision: Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Philipp Schaerer  
Chair of CAAD, ETH Zurich

**MODULE 06 (Alternative): DESIGNING A PERVASIVE GAME CONTROLLER**

Supervision: Steffen P. Walz, Philipp Schaerer  
Guest critics & consultancy: <http://www.plasmadesign.ch>, Christian Weber & Prof. Dr. Gerhard M. Buurman



**Introduction:**

REXplorer is a permanent pervasive game service launching in the best preserved medieval city in Germany, Regensburg, in August / September 2006. REXplorer is a project by the Regensburg Experience GmbH (REX), carried out jointly by RWTH Aachen's Media Computing Group and the ETH Zurich CAAD group. The game is partially sponsored by Nokia Research Centers Helsinki & Tampere (FI), and the Swiss National Science Foundation NCCR MICS.

In the game, the target group - teenage and student tourists - roleplays scientific assistants who investigate odd phenomena occurring across the city core. The players are equipped with a geo-positioning, intelligent measuring apparatus, allowing them to interact with historical and mythical Regensburg characters residing inside landmark buildings with the proper apparatus gesture. Thus, the apparatus serves as the game's controller. It is made out of a hard shell encasing a Nokia N70 smartphone and a GPS bluetooth device.

The goal of the module is to plan, design, and prototype the game controller according to requirements mentioned below until the end of the module (June 14, 2006). Afterwards, we will have 35 of the shells fabricated until **Friday, July 14, 2006**, using CAD techniques, as well as 3D printing and milling.

During the Beta playtest taking place on site Regensburg July 15-16, the controller will be evaluated. This may lead to an iteration for the final version of the controller.

**Табла 35**      Упутство за Модул 7 – Пројектовање непожељног контролора игре  
(енгл. Design a pervasive game controller) / алтернатива

**reminder:**

This module is demanding as it leads to a real product, which will be used on an everyday basis by tourists. The project has tight, non-negotiable deadlines. Work prior to the module may be necessary. Your work will be cited and credited in publications, and have wide media coverage.

**Requirements:**

- Targets school classes and students age 16-25.
- Must correspond with CI on <http://www.rex-regensburg.de>.
- Communicates claim: "staunen! - erleben! - wissen! - erinnern!".
- "Dead box": contains & firmly fixes Nokia N70 and GPS bluetooth device in the inside, there will be no cabling.
- Supports player gesturing (e.g. by including recessed finger grip).
- Shell features cut out for back / front camera, loudspeaker, joypad & surrounding buttons.
- Features engraved sponsor logos: REX, RWTH, ETH, MICS, Nokia.
- In the final product, the fixing sustains joggling and shaking.
- Shell opens easily for the operator, not for the player.
- Devices can be easily removed for recharging.
- Shell is waterproof.

**Specifications (based on first prototype & evaluations):****Gestalt**

- Design challenge: People tended to associate the shape too often with a museum / audio guide.
- Solution: adjust the shape to the changed theme of the game: retro scientific / paranormal field trip; if possible, add knobs / dials that have no function, but make it look like a scientific apparatus

**Plexiglas**

- Design challenge: Very nice material - but from our school class evaluation, we need to iterate. Material may not be strong enough to sustain dropping.
- Solution: Must have a retro scientific measurement device feel (think "alien", area51, ghostbusters, star trek) - opaque and sustainable material should be used.

**Labeling**

- Design challenge: We need to be able to print labels onto the shell.
- Solution: Choose / prepare surface for printing or develop a strategy for easy foiling.

**Leather keychain**

- Challenge: The vast majority of people were reminded of a leash.
- Solution: REX will produce keychains that carry all sponsor names on them; not our baustelle any longer.

**Position of phone and key access**

- Challenge: People tend to hold the wand bottom; also, we found that they will need to have access to the phone's joypad & the four keys surrounding the joypad
- Solution: Swap position with the GPS; cut out front area for joypad & 4 key access

**Change of GPS device**

- Challenge: after testing, we have found that we will use this GPS device: <http://www.xaiiox.de/instantfix.htm>, not the tomtom
- Solution: use the instantfix measurements found at the URL.
- Solution2: It could be that we will be sponsored by another company, so this is subject to change.

**Scroll map**

- Challenge: We would like to have a real map attached to the device.
- Solution: Consider a way to include a mechanism into the shell, e.g. a scroll / retractable pull-out mech

**Табла 35a** Упутство за Модул 7 – Пројектовање непожељног контролора игре (енгл. Design a pervasive game controller) / алтернатива

#### **Constant pressure on phone buttons**

- Challenge: the shell presses on all the buttons (front, side), and causes uncontrollable malfunctionality.
- Solution: e.g. lift the shell; in any case: figure out a better fixing system for all devices.

#### **Cell phone sound volume**

- Challenge: Phone is not loud enough on the street (speaker sits on the brow of the phone, not on the front). mind that audio the main feedback we are having!
- Solution1: Integrate a 45° reflector shield into the case, on top of the phone. PLEASE test the connectivity between phone and GPS through plexiglas, too!
- (add.) Solution2: Consider a resonance chamber - think of a guitar. This may mean to change the material, or make the wand bulkier.

#### **Phone display visibility**

- Challenge: In bright sunlight, the visibility of the display is very low. this is not our fault, but it may be a downer for the player.
- Solution: Consider an anti glare or sun protection attachment onto the display such as the ones camera lenses use, or the ones graphic designers use for their monitors.

#### **Production of wand shell**

- Challenge: We will need 35 of the shells ready to go by June 2, 2006.
- Solution: Consider how we will produce them, saving as much money as we can.

#### **Material costs**

- Challenge: Cost of materials.
- Solution: Can be covered through MICS & MAS budget.

Revision r1.3 - 11 May 2006 - 12:25 - SteffenPWalz  
Parents: WebHome

Copyright © 1999-2003 by the contributing authors. All material on this collaboration platform is the property of the contributing authors.

**ПРИЛОГ 4: Упутства за практични део СААД Мастер курса 2005/2006,  
ETHZ<sup>213</sup>**

---

<sup>213</sup> BOOKLETS, MAS ETH ARCH/CAAD - 2005/06 , приступљено 06.05.2016.,  
<http://wiki.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/Extern/CaadBooklets.html>



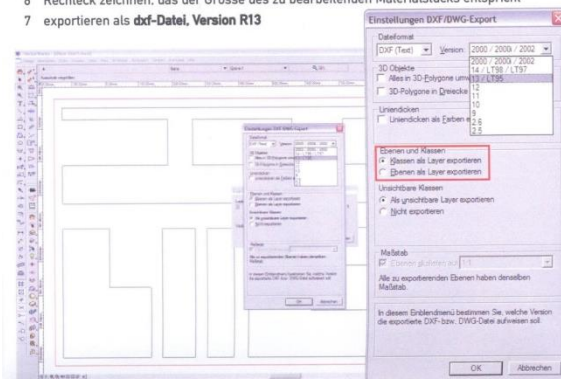
## ZÜND M-1600 Schneideplotter und EnRoute3



- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1 Balken                     | 6 Lichtschranke                                     |
| 2 Kopfwagen mit Werkzeugkopf | 7 Frequenzumwandler für Frässpindel (Converter Box) |
| 3 Bedienfeld                 | 8 Ventile für Stift (r) und Oszilliermesser (l)     |
| 4 Tischplatte                | 9 Kompressor  |
| 5 Ein-/Aus-Schalter          |   |

### 1. Die Daten

- Vektorzeichnung** in VectorWorks, ArchiCAD, AutoCAD, Illustrator, MicroStation, etc.
- am Besten geschlossene Polylinien / Polygone (geht schneller!)
- Keine Gruppen, Symbole, Blöcke, etc.
- unterschiedliche Aufgaben (Ritzen, Zeichnen, Schneiden) in **Layers** organisieren (VectorWorks-User aufpassen: Klassen oder Ebenen als Layer exportieren!)
- Einheiten in mm, Zeichnung am besten schon skalieren (Bsp: 1:200 > 0.05)
- Rechteck zeichnen, das der Größe des zu bearbeitenden Materialstücks entspricht
- exportieren als **dxf-Datei, Version R13**



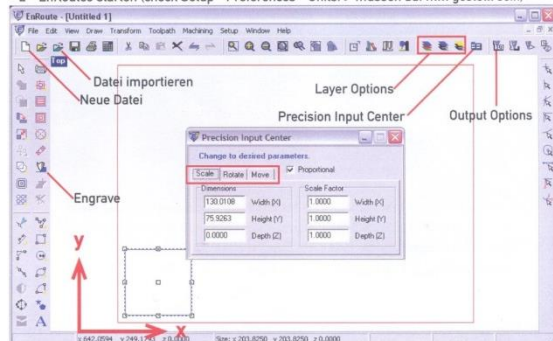
### 2. Die Maschine

- Einschalten** (5) (vorne-unten-rechts) - die Maschine bewegt sich nun zum Ursprung
- Material positionieren:** (0.0)-Punkt vorne-rechts (Kugelschreiberecke **Tz**)  
Tz = Z-Achsen gesteuertes Tangential- und Penmodul  
Längere Seite des Materials in x-Richtung der Maschine
- Vakuum:** [VAC] [3] WIDTH; mit Pfeiltasten (+SHIFT) den Kopf zur linken Kante des Materials fahren; [ENT] drücken, [1] drücken um Vakuum einzuschalten, [ESC] drücken
- Kopf mit Pfeiltasten (+SHIFT) über Materialplatte fahren  
> mit SHIFT: schnell, ohne SHIFT: langsam
- Initialisieren:** [1] [1] [8] (Tz-Messer-Menü) [4] Z-INIT
- Pfeiltaste nach unten (schnell mit SHIFT) bis ein Blatt beim hin- und herbewegen geritzt wird
- [ENT] drücken - Initialisierung abgeschlossen und gespeichert
- [3] Z-OFFSET - wird zur eingestellten Schnittiefe dazu-addiert, um ein sauberes Durchschneiden zu garantieren  
> max 0.3 mm - 0.5 mm
- [ESC] drücken  
> mit [1] [1] [8] kommt man ins Messer-Menü, mit [ESC] wieder aus den Menüs raus (Display wie rechts)
- [ONLINE]** drücken - die Maschine ist nun bereit, Jobs vom Computer zu empfangen und auszuführen  
> mit [ONLINE] kann ebenfalls ein laufender Job unterbrochen und wieder fortgesetzt werden (auch bei „Light Barrier - Error“: > zweimal [ONLINE] drücken)



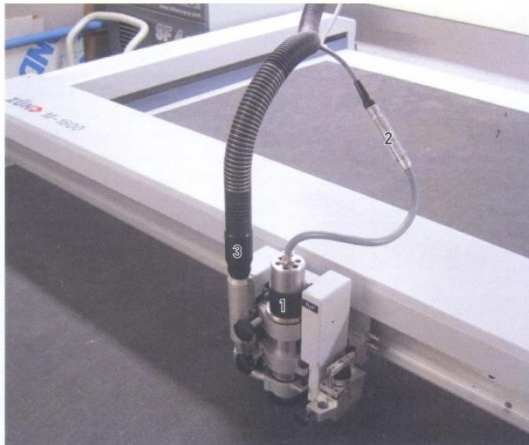
### 3. Der Job

- ZUEND-DRIVER DOPPELKLICKEN beim ersten Mal auf dem entsprechenden Login
- EnRoute3 starten (check Setup - Preferences - Units: > müssen auf mm gestellt sein)



- Neue Datei** - Material definieren: Width(x), Height(y), Thickness(z) / Surface at top of plate  
> roter Rahmen = Material, längere Materialseite als Width definieren, da x=Längsrichtung der Maschine
- dxf-Datei importieren.** Größe, Ausrichtung, Position überprüfen
- Wenn nötig mit **Precision Input Center** anpassen (Materialgröße-Rechteck!)
- Objekte auswählen - **Engrave** drücken

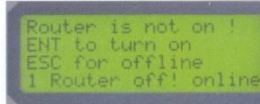
### 5. Fräsen mit ZÜND und EnRoute3



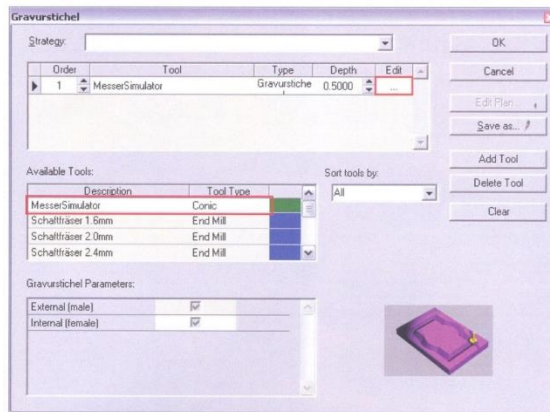
- 1 Frässpindelmotor
  - 2 Elektro-Kabel
  - 3 Absaug- und Kühlschlauch
- 2 und 3 müssen richtig angeschlossen sein, der Staubsauger (links neben der ZÜND) auf MAN und die ConverterBox eingeschaltet sein.

### 6. Die Maschine

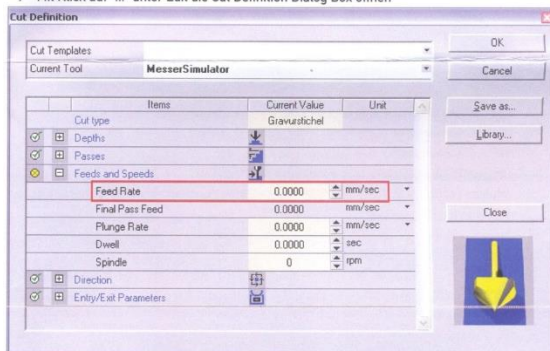
- 1 **Einschalten** (5) (vorne-unten-rechts) - die Maschine bewegt sich nun zum Ursprung
- 2 **Material positionieren.** (0,0)-Punkt vorne-rechts (Kugelschreiberecke **Rz**)  
RzP = Z-Achsgesteuertes Routing- und Penmodul  
Längere Seite des Materials in x-Richtung der Maschine
- 3 **Vakuum:** [VAC] [3] WIDTH; mit Pfeiltasten (+SHIFT) den Kopf zur linken Kante des Materials fahren; [ENT] drücken
- 4 Kopf mit Pfeiltasten (+SHIFT) über Materialplatte fahren  
> mit SHIFT: schnell, ohne SHIFT: langsam
- 5 **Initialisieren:** [1] [1] [5] (Rz-Fräser-Menü) [1] INIT ABSOLUTE - der Kopf senkt sich nun langsam aufs Material ab (mit SHIFT + „Pen-Down“-Taste Werkzeugkopf wieder anheben in Up-position)
- 6 [ESC] drücken
- > mit [1] [1] [5] kommt man ins Messer-Menü, mit [ESC] wieder aus den Menüs raus
- 7 **Vakuum** einschalten (beim Fräsen nicht automatisch!): [VAC] [1] [ESC]
- 8 **[ONLINE]** drücken - auf dem Display erscheint nun: ROUTER IS NOT ON!  
[ENT] TO TURN ON > [ENT] drücken - der Spindelmotor und der Staubsauger schalten sich ein  
die Maschine ist nun bereit, Jobs vom Computer zu empfangen und auszuführen  
> mit [ONLINE] kann ebenfalls ein laufender Job unterbrochen und wieder fortgesetzt werden (auch bei „Light Barrier - Error“: > zweimal [ONLINE] drücken)



### 4. Ritz- und Schneideparameter

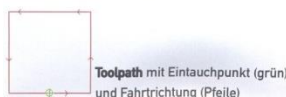


- 7 **MesserSimulator** aus Available Tools auswählen (Doppelklick)
- 8 **Depth:** gewünschte Schnitttiefe festlegen (muss grösser als 0,000 sein)
- 9 Mit Klick auf „...“ unter Edit die Cut Definition Dialog Box öffnen

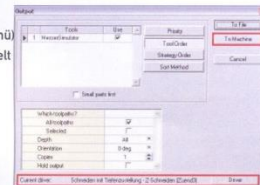


- 10 Unter Feeds and Speeds die Schnittgeschwindigkeit (**Feed Rate**) einstellen (Materialabhängig) Bsp. Karton: Feed Rate: 30
- 11 [OK] [OK] > Toolpath wird generiert (siehe Beispiel unten)

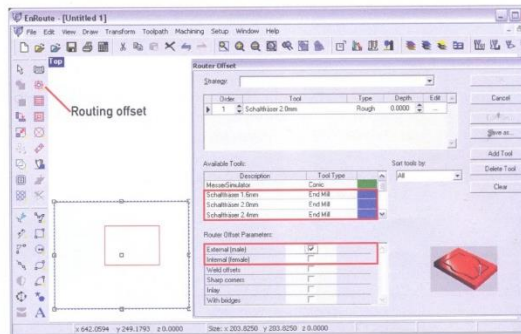
- 13 **Output Options:** als Current driver muss Z-Schneiden (r) ausgewählt sein, wenn nicht mit Klick auf [Driver] ändern (Pull-Down-Menü)
- 14 **To Machine** drücken > der Job wird übermittelt und die Maschine beginnt zu schneiden



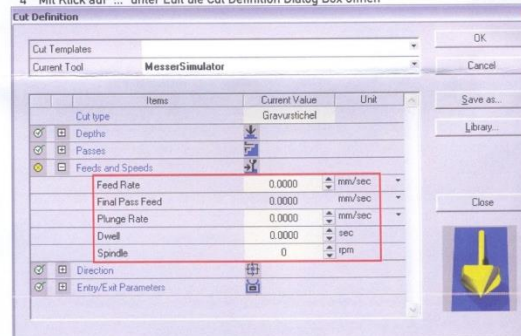
Toolpath mit Eintauchpunkt (grün) und Fahrtrichtung (Pfeile)



## 7. Fräsparameter



- gewünschte Objekte auswählen - **Routing offset** (für geschlossene Polygone) klicken  
> EnRoute erkennt innenliegende Objekte (z.B. Blockrand) und färbt sie rot statt blau
- Bei offenen Polygonen: **Menu: Toolpath > Offset open contour** klicken
- gewünschter (eingesetzter) Schaftfräser** aus Available Tools auswählen (Doppelklick)
- Depth:** gewünschte Frästiefe festlegen (muss grösser als 0,000 sein)
- Mit Klick auf „...“ unter Edit die Cut Definition Dialog Box öffnen



- Unter Passes die Anzahl Durchgänge einstellen (pro Durchgang ca.  $\phi$  des Tools)
- Unter Feeds and Speeds die Schnittgeschwindigkeit (**Feed Rate**), die Eintauchgeschwindigkeit (**Plunge Rate**) und die Drehzahl (**Spindle**) einstellen  
(Materialabhängig) Bsp. Sperrholz: Feed Rate: 30  
Plunge Rate: 5  
Spindle 10000
- [OK] [OK] > Toolpath wird generiert (siehe Beispiel unten)
- Output Options:** als Current driver muss *RPZ Head - M\_1600\_2D (Zuend)* ausgewählt sein, wenn nicht mit Klick auf [Driver] ändern (Pull-Down-Menü)
- To Machine** drücken > der Job wird übermittelt und die Maschine beginnt zu fräsen

**Toolpath** um den Fräseradius nach aussen bzw. innen geöffnet, damit das gezeichnete Stück bleibt



## 8. Trouble Shooting

- ? Der Computer braucht ewig, um den Job zu übermitteln oder schafft es gar nicht
- > Der Zwischspeicher ist voll mit zu erledigenden und erledigten Jobs
- > Output Control Center (in der Taskleiste des Computers) maximieren - links All Queues - auf + vor den Driver-Namen - Done anklicken - Jobs löschen

- ? Wie kann ich mit dem Kugelschreiber zeichnen

beim Fräskopf:

- > [2][1][1] TOOL NR wählen [1] Fräser [2] Kugelschreiber

mit [ENT] bestätigen - der Werkzeugkopf schiebt das gewählte Tool zum Ursprung beim Schneidekopf:

- > [2][1][1] TOOL NR wählen [1] Messer (T-Modul links) [2] z.B. Rillrad (T-Modul rechts) [4] Kugelschreiber

Wenn der Kugelschreiber des Tz-Moduls (Messer) verwendet wird, muss der Kompressor eingeschaltet und das Stift-Druckluft-Ventil offen sein

- ? Wie lösche ich einen Job aus der Warteschlange der Maschine

- > [3][3][1] (Clear Buffer), mit [ENT] bestätigen

- ? Wie kann ich mit dem Fräser mittig auf einer geschlossenen Kontur fahren

- > Anstatt Routing Offset die Funktion Engrave wählen (wie beim Schneiden), alle anderen Optionen gleich einstellen wie fürs Fräsen mit Routing Offset

- ? Wieso bilden sich beim Fräsen von Kunststoff (Plexi, PVC, Forex) Klumpen um den Fräser

- > Die Drehzahl an der ConverterBox ist zu hoch eingestellt, das Material schmilzt
- > Drehzahl auf etwa 9'000 - 11'000 U/min hinunterdrehen



- ? Beim Gravieren mit dem Fräser wird die Nut nicht überall gleich tief

- > Die Tischplatte ist nicht komplett eben. Es gibt die Möglichkeit, relativ (anstatt absolut) zu initialisieren. >> [1][1][5][2]
- > Die Sauglocke tastet dann während dem Fräsen das Material ab und fräst die Tiefe relativ zu diesem Nullpunkt.

## Precix 3-Axis CNC-Mill (Router)

Setup, Control and Error Handling

Check Safety Guidelines posted in the Milling Lab!



© Engineering 10-400-1008

PRECIX

### 1. HIL B41 (The CNC-Milling Lab)

1. Switchbox, at the side
3. The Mill
4. Webcam <http://milicam.ethz.ch>
5. Vacuum-Unit



2. Computer (Precix)

### 2. Switching on the Mill and homing it

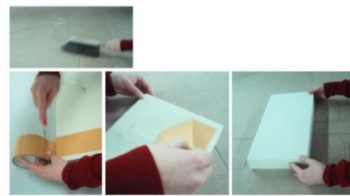
1. Switch on the Mill's power-supply:  
At the Switchbox, click all switches towards the red dot.



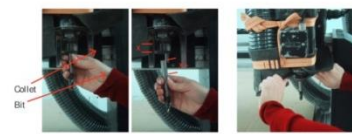
2. Home the Mill:  
On the Mill's computer, hit the "Home"-Button in the top right corner of the window, when prompted "Switch power on?", click "OK" - be aware that the Mill moves!
3. Homed:  
The Mill has now found it's Hardware Origin.

### 3. Getting your material on the table

1. Clean the table:  
Be sure that the table is properly cleaned from dust and debris, otherwise your material will not stick properly!
2. Taping:  
Get a good amount of double-sided tape on the bottom side of your block, rub it on.
3. Positioning:  
Place your block on the milling table, making sure that is oriented correctly - the longer side of the milling table (X-Axis) corresponds to the X-Axis in SurfCam. Press it well against the table, if in doubt, step on it!



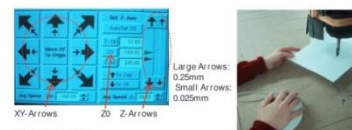
### 4. Mounting a Milling Bit



1. The bit:  
There is a multitude of different milling bits available. In the lab, we stock 12mm, 6mm and 3mm bits, both with a Flat tip (Endmill) and a round tip (Ballnose). There are two types of collets, 12mm and 6mm diameter. Choose the right bit (as specified in SurfCam) and the right collet.
2. Positioning:  
Turn the collet until it starts to resist a little and insert the bit. Using your thumb as a marker, check that the bit is properly in the collet (at least the height  $s$  of the collet-Ring). The bit should only stick out as much as is required by the particular milling job. Long bits tend to vibrate more (resulting in slower cutting speed).
3. Tightening:  
Using the special tools, tighten the collet O-ring - do not overdo it as you will have to release the bit at a later stage.

### 5. Setting Z-Zero & Material Thickness

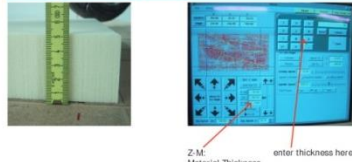
NOTE THAT THESE ARE THE MOST IMPORTANT SETTINGS ON THE MILL. IF DONE CORRECTLY, THEY PREVENT THE MILL FROM MILLING ITSELF. IF DONE WRONG, THE MACHINE CAN DESTROY ITSELF AND INFLECT INJURY ON THE OPERATOR (YOU). BEFORE YOU START ANY MILLINGJOB, DOUBLE-CHECK THAT THESE SETTINGS ARE CORRECT.



1. Adjust Z-Height:  
Using the XY-Arrows, move the mill over your piece of material. Using the Z-Arrows, move the mill down so it just touches the top surface (Use a sheet of paper on top of your material, move it gently, you will feel when the bit touches it).
2. Set Z-Height:  
Click "Z0" - your zero Z-Height is now set to the top of the material block.

!!! REPEAT THIS PROCESS EVERY TIME YOU CHANGE THE MILLING BIT !!!

### 6. Setting the Material Thickness

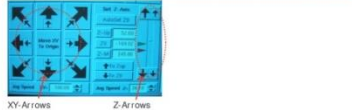


1. Measure:  
Measure the thickness of your material block.
2. Set Z-M:  
Click the numeric field next to "Z-M" and enter the thickness value (mm) using the mouse. It is good practice to subtract a few millimeters from the measured thickness to make sure the mill will not go into the table.  
Example: measured material thickness: 50mm  
Z-M: 48 (mm)

3. Check:  
Make sure the value next to the "Z-M"-button is correct.  
Using the XY-Arrows, move the mill away from the material. Using the Z-Arrows, slowly move the mill down. If set correctly (Example), the tip of the milling bit should be 2mm above the table when the mill stops.

IF SET CORRECTLY, THE "Z-M" PARAMETER PREVENTS THE MILL FROM GOING INTO THE TABLE.

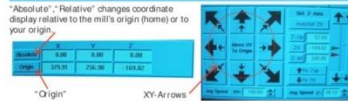
### 7. Setting Z-Up & more



1. Z-Up:  
Z-Up is the height above the material at which the mill moves around the table. Make sure the setting is GREATER than the RAPID PLANE Setting in SurfCam. If it is smaller, the mill might not process your job.
2. Setting Z-Up:  
Following procedure described in 6, set the value for Z-Up.

3. more Buttons:  
The "to Z-Up" and "to Z0" Buttons move the mill to the Z-Up (top of the material) position. Be aware that pressing "to Z0" after changing a milling bit can destroy the material and the table as the mill will move to the "old Z0" setting which might not correspond to the new bit.

### 7. Setting XY-Origin



1. Move up:  
Firstly, move the bit up 0.5mm (2 Clicks on the big Z-Arrow).
2. XY:  
Using the XY-arrows, position the mill at the corner of your material block.
3. Set O-igin:  
In the top left corner of the computer screen, click "O-igin".
4. Check:  
"Absolute" - displays the position of the mill relative to the machine's origin (homed).  
"Relative" - displays the position of the mill relative to the Origin which you set.

At this stage, your piece on the table should correspond to your model in SurfCam. Clicking "Move XY To O-igin" and "to Z0" should position the bit as below:

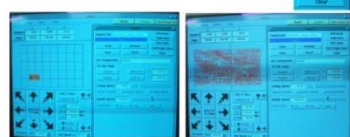


### 8. Loading a Job & Preview

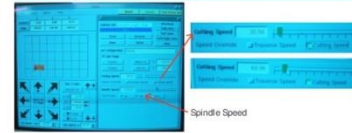
1. Load a job:  
Clicking "Add Job To Queue", manage through the Oe system and select your job. Repeat as needed.
2. Select:  
Highlight the job you wish to process and click "Select As Current Job", the Oe name appears in the small window "Current Job".
3. Output:  
Click "Job Output".

4. Preview:  
There are different views which display your Oe as the Mill sees it. Check "Table Area" to see the piece in relation to the whole milling area (table). Make sure it corresponds to the block of material which is on the table. "Part / O-igin Zoom" is a close-up view.

Hint: the mill will not start until you've done a preview.

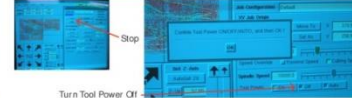


### 9. Cutting Speed & Spindle Speed



1. Cutting Speed:  
DeOes how fast the mill moves in X, Y and Z - to set it, you HAVE to select the check box "Cutting Speed" and adjust the value using the slider. To start, set it to 25-35. When the job has started and is processing smoothly, increase the value gradually. Note: a change will only take effect once the computer processes the next line of the G-Code, eg. when a new "line" or "lookpath-part" starts.
2. Spindle Speed:  
The rotational speed of the milling bit (rotations per minute). Per default, "Auto" is selected, the value deOed in SurfCam is taken.

### 10. Stopping & Resuming, Errors



1. Stop:  
If you are unhappy with how the mill works, click "Stop". In most cases, the mill will now just move to the "Z-Up" position and turn off the spindle.
2. Really Stop:  
You are now prompted to "ConOm Tool Power ON/OFF/AUTO" and then OK!  
IMPORTANT: DON'T CLICK "OK"!  
First, you click "Tool Power: Off" - the spindle stops. Now click "OK".
3. Fixing:  
Fix / adjust whatever was causing trouble.
4. Re-Start:  
1. Click "Tool Power: Off" - the spindle starts to rotate  
2. Click "Resume" (next to the "Stop" button)  
3. You will get the "ConOm Tool Power ON/OFF/AUTO" and then OK! - mes sage as before, click "OK".

The mill continues the job.

5. Error:  
The most common error is a "Following Error" (can happen for example when the G-Code tells the mill to go somewhere which is outside the table area, or when the Cutting Speed is set to high). Usually, it will stop the spindle and show the following dialog:



To resume, FIRST click the Tool Power to "Off", then click "RETRY".

BEFORE STARTING WORK, CAREFULLY READ THE SAFETY GUIDELINES POSTED IN THE LAB. DON'T PROCEED UNTIL YOU HAVE PROPERLY UNDERSTOOD THEM.



усисавање вишка праха



воскирање



3D одштампан прототип



3D одштампан воскиран прототип



Табла 38 Упутство за коришћење 3D штампача

## БИОГРАФИЈА АУТОРА

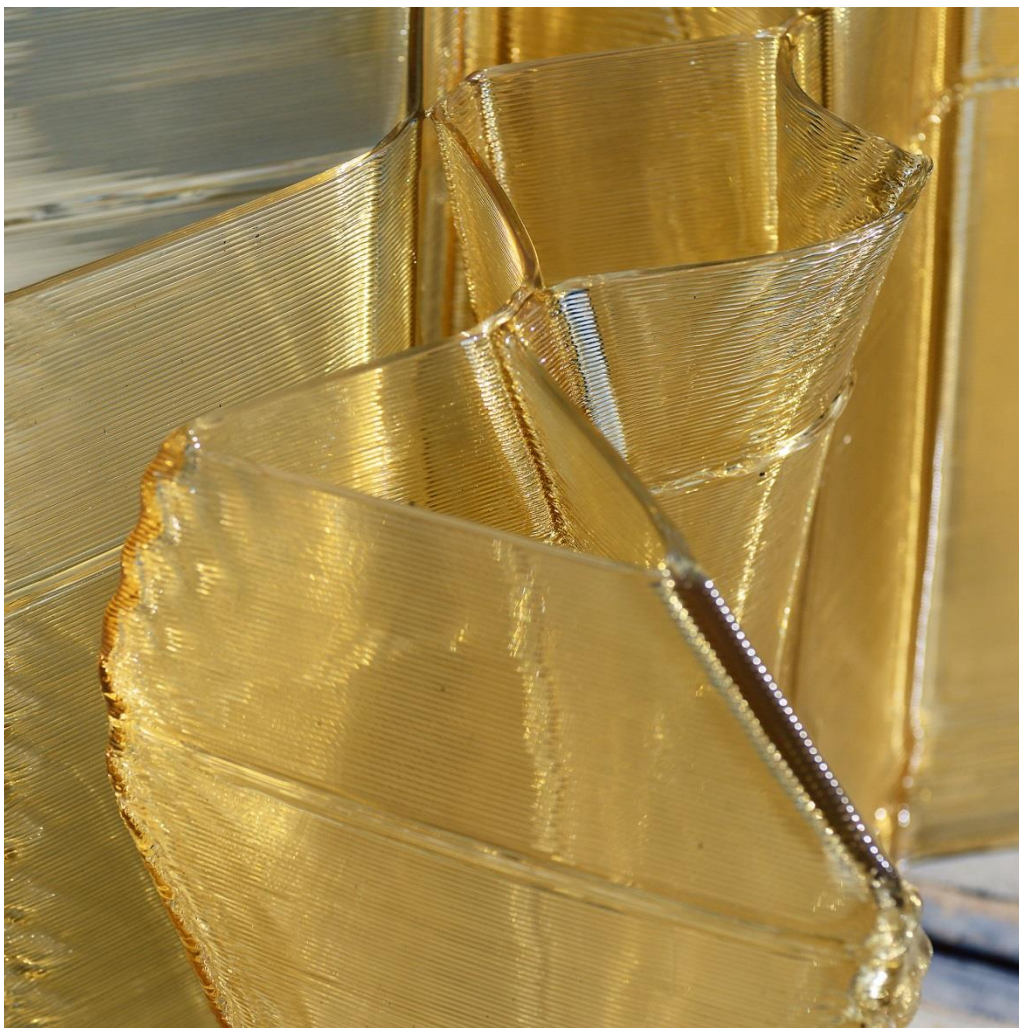
Мр Слађана Марковић, дипл. инж. арх., рођена је 30. априла 1977. у Београду, где је завршила основну школу и архитектонско-техничку школу. Дипломирала је 2003. године на Архитектонском факултету Универзитета у Београду са просечном оценом 8,75 и оценом 10 на дипломском раду (ментор: Бранислав Митровић, дипл.инж.арх.). Дипломски рад под називом „Архитектонско-урбанистичко решење Мултифункционалног центра Ушће у блоку 16 на Новом Београду“ урађен је по конкурсном решењу (заједнички пројекат са архитектом Јеленом Грујин), који је награђен и другом једнаковредном наградом на истоименом међународном конкурс.

Исте године уписала је последипломске магистарске студије на Архитектонском факултету Универзитета у Београду, курс *Архитектонска организација простора* као стипендиста – истраживач Министарства за науку и технологију Републике Србије. Радила је на Катедри за архитектонско и урбанистичко пројектовање на предметима Синтезни пројекат 1, 2 и 3 – Студио проф. Бранислава Митровића у периоду 2000–2004. године. Године 2005–2006. учествовала је у организацији Cityscan Belgrade – годишњег семинарског студијског путовања са радионицом на дипломском предмету студената ETHZ – СААД Катедра проф др. Лудгер Ховештадт (Ludger Hovestadt).

Радећи на пројектима Министарства, објавила је рад под називом „*Примена рачунара при визуелизацији архитектонског простора у процесу пројектовања у стратегији одрживог развоја*“. У периоду 2005–2007. носилац је истраживачке стипендије Швајцарске владе на ЕТХ Цирих, СААД Катедра код проф. Лудгера Ховештадта. Завршила је 2009. године последипломске студије са просечном оценом 10, одбранивши магистарску тезу под називом „*Процес дигиталног ланца у пројектовању и реализацији архитектуре*“, која је награђена Истраживачком наградом Тримо 2010. године у Љубљани, Словенија.

Кандидат се поред научног рада бави стручним радом у области архитектонског и урбанистичког пројектовања. У периоду 2001–2005. радила је као аутор и пројектант у бироу академика проф. Бранислава Митровића на бројним идејним и извођачким пројектима, као и великом броју награђених конкурсних решења. Од 2007. године је носилац Лиценце одговорног пројектанта Инжењерске коморе Србије. Од 2008. бави се архитектонском праксом у тиму са Биљаном Бегенишић, дипл.инж.арх. уз заједничко остварење великог броја пројектованих и реализованих архитектонских решења.

Аутор је монографије „*Водич кроз процес „дигиталног ланца“ у архитектури*“ / *The guide through the process of the "digital chain" in architecture*, у издању Задужбине Андрејевић.



Детаљи атмосфере

Извор: 3D print canal house, приступљено 05.05.2016, <http://3dprintcanalhouse.com/>





**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ  
ДОКТОРСКОГ РАДА**

Име и презиме аутора            мр Слађана Р. Марковић

Број индекса \_\_\_\_\_

Студијски програм \_\_\_\_\_

Наслов рада ПОЗИЦИОНИРАЊЕ АРХИТЕКТЕ У ПРОЦЕСУ ПРОЈЕКТОВАЊА И  
РЕАЛИЗАЦИЈЕ АРХИТЕКТУРЕ ПО ПРИНЦИПУ „ДИГИТАЛНОГ  
ЛАНЦА“

Ментор                                    Проф. Зоран Лазовић, редовни професор

Потписани/а \_\_\_\_\_ мр Слађана Р. Марковић

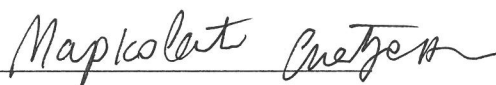
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања 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 докторанда**

У Београду, 29.06.2016.



## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

### ПОЗИЦИОНИРАЊЕ АРХИТЕКТЕ У ПРОЦЕСУ ПРОЈЕКТОВАЊА И РЕАЛИЗАЦИЈЕ АРХИТЕКТУРЕ ПО ПРИНЦИПУ „ДИГИТАЛНОГ ЛАНЦА“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

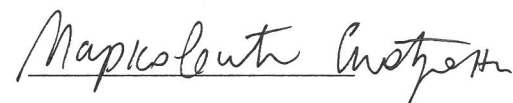
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
- 3. Ауторство – некомерцијално – без прераде**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

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

Потпис докторанда

У Београду, 29.06.2016.



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 прераде.** 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 прераде. 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.