

MAKETA V DIGITALNEM PROCESU NAČRTOVANJA

MODELS IN THE DIGITAL DESIGN PROCESS

izvleček

Članek obravnava uporabo maket v projektantskem procesu in osvetljuje spremembe, ki jih v to polje vnašajo novi digitalni načini zasnove in izvedbe. Tehnologija je vedno bila povod za nove načine dela in prezentacije v arhitekturi. Razvoj računalniške programske opreme namenjene arhitektom dopolnjujejo novi načini izdelave, ki omogočajo realizacijo direktno iz računalniških datotek. Slojevite tehnologije omogočajo hitro in natančno izdelavo kompleksnih geometrij in s tem spreminjajo relacijo med idejo in realizacijo. Projektantu omogočajo, da v kratkem času v fizičnem prostoru preveri digitalno zasnovano oblik in na podlagi te preveritve izvede morebitne popravke. Možnost instantne preveritve lahko pomembno vpliva na način uporabe fizičnih pomagala v projektantskem procesu ter izboljšanje izkoristka potenciala računalniških orodij. Predvidevamo, da bo uporaba digitalnih tehnologij izdelave v procesu projektiranja redefinirala vlogo delovne makete in prispevala k seznanjenosti stroke s potencialom in omejitvami tovrstnih načinov izdelave ter spodbudila širitev digitalnega procesa v fazo realizacije arhitekture.

ključne besede

arhitektura, maketa, slojevite tehnologije, digitalni proces načrtovanja, hitra izdelava prototipov

abstract

The paper discusses the use of models in the design process and highlights the changes introduced to this field by new digital modes of design and implementation. Architecture has always taken cues from technology for new modes of work and representation. The development of computer software for architects is being complemented by new forms of production that enable realisation directly from computer files. Layered technologies enable fast and precise production of complex geometries, thereby changing the relation between idea and its realisation. They allow the designer to control in a short time a digitally design form and on the basis of this control to carry out eventual corrections. The possibility of instant control may significantly influence the method of employing physical media in the design process, as well as enhance the performance of computer tools. We surmise that the use of digital production technologies within the design process will re-define the role of working models and contribute to the dissemination of knowledge within the profession about the potential and limitations of this mode of production, as well as encourage the spread of the digital process to the realisation stage of architecture.

key words

architecture, model, layered technologies, digital design process, fast prototype production

Arhitekturna teorija kot osnovna sredstva predstavitve arhitekturne misli obravnava predvsem besedilo, risbo in realizacijo oz. objekt. V praksi se srečujemo še z vrsto drugih načinov prenosa informacij, med katere sodi tudi maketa.

Maketa velja za najbolj neposreden način posredovanja arhitekturne informacije, ki se mu zaradi univerzalne razumljivosti posvetijo tako strokovnjaki kot laiki. Praviloma pritegnejo več pozornosti kot abstraktne tehnične risbe ali prostorske vizualizacije. Fizična prisotnost in direkten stik dajeta najpopolnejši vtis o objektu, neprimerljiv s še tako dobro dvodimenzionalno predstavitvijo [Hohausner, 1970: 6].

Integracija računalnika v proces reševanja arhitekturnih nalog je povzročila revolucionarne spremembe tudi na področju uporabe maket. Možnost modeliranja in sprotne preverjanja rešitev v virtualnem okolju pod vprašaj ni postavila le smiselnosti fizične konceptualne preveritve, ampak tudi uporabo maket v predstavitev, kjer so prostorske vizualizacije in animacije postale nov standard.

Ne glede na uporabnost novih orodij je maketa ostala najbolj neposreden nosilec arhitekturne informacije in obdržala je svoje mesto v praksi [Szczerbicki, 2009]. Paradoksalno lahko velik del zasluga za reinkarnacijo vloge makete pripišemo prav napredku računalniške tehnike in programskega orodja. Sodobna projektantska orodja ne omogočajo samo hitrega vizualiziranja in sprotne preverjanja rešitev ter sodelovanja različnih strokovnjakov v projektantskem timu [Penttilä, 2006], temveč odpirajo novo polje zasnove kompleksnih geometrij. Tovrstne rešitve lahko nastajajo na podlagi numeričnih podatkov, posnemanja oblik iz narave, direktnega prenosa znanja z drugih področij znanosti ali katerih koli drugih vhodnih podatkov. Pristop daje specifične rezultate z visoko stopnjo kompleksnosti



Slika 1: Beneški Bienale 2004. Makete so tudi v digitalni dobi najbolj sporočilni način posredovanja arhitekturne informacije. Vir: http://www.erco.com/projects/exhib/004_venice_2275/en/en_004_venice_intro_1.php <dostop avgust 2011>.

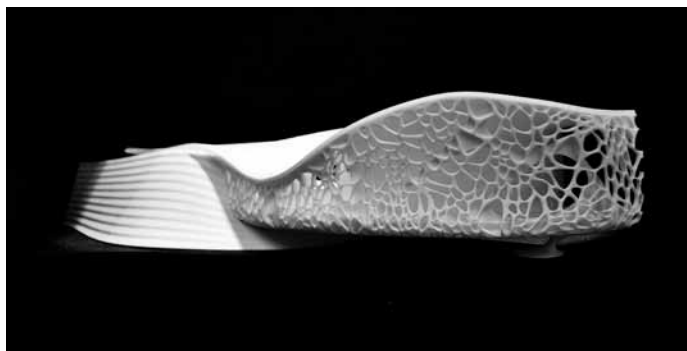
Figure 1: The Venice Biennale 2004. Also in the digital age, models are the most communicative way of conveying architectural information.

in individualnosti. Zahteva po neposredni fizični preveritvi ponovno aktualizira maketo, ki pa zaradi kompleksnosti zasnove zahteva nove načine izdelave. Klasični pristopi so prepočasni in pogosto nezmožni zagotoviti dostopnost makete v trenutku sprejemanja odločitev, ko je ta najbolj potrebna. Arhitektura se zato poslužuje digitalnih načinov izdelave in se približuje

popolni digitalizaciji oblikovalskega procesa. Za tega je značilno, da se zamisli in rešitve, ki nastajajo v računalniškem okolju s pomočjo strojev za slojevito izdelavo, sproti preverjajo v fizičnem prostoru, popravki in spremembe pa se kasneje ponovno digitalizirajo in vnašajo v virtualni model.

Virtualno tako prehaja v fizično in fizično v virtualno, kar vse bolj briše mejo med intelektualnim svetom arhitekturne ideje in materialnostjo njene fizične preveritve. Z eliminacijo manualne obrtne komponente je odpravljen temeljni zgodovinski razlog za odsotnost maket iz teoretskega diskurza.

S člankom želimo v času hitrega tehnološkega napredka nadaljevati razpravo, ki jo je leta 1452 začel Alberti s tem, ko je maketo definiral kot konceptualno orodje. Z definiranjem zgodovinske vloge makete, specifične digitalnega načrtovalskega procesa in lastnosti novih načinov izdelave ter njihove uporabe želimo osvetliti pozicijo makete v sodobni projektantski praksi, definirati njene pojavne oblike in preveriti, ali utegne uporaba slojevitih tehnologij izdelave privedi do novega nivoja uporabe maket kot instantnega načina preverjanja zasnov v fizičnem prostoru.



Slika 2: Slojevite tehnologije omogočajo realizacijo zasnov, ki bi bile z uporabo klasičnih načinov izdelave težko uresničljive. Vir: http://1.bp.blogspot.com/_eavAclqLD0I/TL21wbiPHNI/AAAAAAAAArs/96U_kLDarVA/s1600/DSC_0183.jpg <dostop september 2011>.

Figure 2: Layered technologies enable the realisation of designs that would be difficult to realise by employing classic modes of production.

Definicija makete

Maketo bi najlažje definirali kot fizičen objekt, namenjen posredovanju arhitekturne informacije. Izkazuje voljo po uresničevanju ideje v praksi [Oswald, 2008: 13] in je prva materializacija kreativne misli, ki se lahko zgodi že med reševanjem arhitekturne naloge (in potencialno vpliva na rešitev) ali pa nastane po zaključku projektantskega dela (kot način predstavitve).

Maketa se velikokrat enači z modelom, vendar obstaja med njima pomembna razlika. Model funkcionira predvsem kot osnova za realizacijo, medtem ko je maketa sredstvo fizičnega prikaza prostorske ideje in je namenjena predvsem posredovanju sporočila.

Predstavitvena maketa

Predstavitvena maketa je namenjena komuniciranju z javnostjo in investitorji oz. prenosu arhitekturne ideje v laično sfero. Stroka na ta način izkorišča dostopnost in razumljivost medija, ki se izogne strokovnemu žargonu ali abstrakciji risbe ter nagovarja neposredno z določeno čarobnostjo oz. misterijem pomanjšave. Univerzalna dostopnost fizičnih predstavitev je razlog, da se le-te skozi zgodovino tako rekoč ne spreminjajo. Duhu časa

se prilagajajo z manjšimi korekcijami med katerimi je najbolj opazen prikaz okolice objekta in ljudi ter avtomobilov. Na ta način je bilo v maketo poleg sentimentalne dimenzije vneseno vprašanje relacije med človekom, objektom in prostorom ter problematiziran realizem, ki je bil dotlej rezerviran za risbe [Oswald, 2008: 21]. V istem obdobju se uveljavi tudi "paket" za predstavitve arhitekture. Sestavljajo ga načrt, serija perspektivnih vizualizacij in maketa, ki predstavljajo jedro predstavitve še danes, ko se jim pridružuje virtualna animacija. Mesto v arhitekturni zgodovini si je predstavitvena maketa zagotovila predvsem zato, ker je arhitekturi omogočila, da postane orodje propagande in kasneje trženja že v fazi načrtovanja [Oswald, 2008: 13]. Njen post-festum značaj (brez vpliva na razvoj projekta) v kombinaciji s tem, da je bila pretežno v domeni rokodelcev, jo ločuje od intelektualnega procesa arhitekturnega načrtovanja in posledično tudi interesne sfere arhitekturne teorije.

Konceptualna maketa

Konceptualna maketa je namenjena preverjanju zamisli in iskanju novih rešitev med procesom načrtovanja. Arhitekt z uporabo konceptualne makete dobi povratno informacijo, na podlagi katere opravlja spremembe, dokler ne doseže končne oblike. Informacija, ki izhaja iz fizične izkušnje, je v fazah razvoja projekta nenadomestljiva [Sánchez in sod., 2005]. V večini primerov gre za objekte, ki se uporabljajo znotraj projektantskega tima med procesom projektiranja in jih širša javnost ne vidi.

Zaradi specifičnega načina uporabe je zgodovini tovrstnih pomagal težko slediti. Konceptualna vloga fizične prezentacije je bila znana že v renesansi. V trenutku, ko se je arhitekturna stroka odmaknila od materialnosti gradnje in si kot primarni izraz izbrala abstrakcijo v obliki risbe, se je pojavila potreba po neposrednejšem načinu posredovanja zamisli investitorjem in izvajalcem. Očitne prednosti modelov in predstavitvenih maket, ki so jih pri tem uporabljali, je kmalu prepoznala tudi stroka, ki je pomanjšan fizičen prikaz začela uporabljati v procesu načrtovanja.

Eden prvih, in nadvse gorečih zagovornikov načrtovanja s pomočjo makete je bil Leon Battista Alberti. V svojih besedilih maketo prvi definira kot konceptualno orodje in izpostavlja uporabnost fizične predstavitve za preverjanje zasnov in iskanje izboljšav. Uporabe ne omejuje le na iskanje idealne oblike skozi spreminjanje, dodajanje in odzemanje, ampak jo priporoča tudi pri sprotnem preverjanju in debati z ostalimi strokovnjaki, ki jim maketa olajša predstavo in oceno, kar vodi v boljše zasnove [Morris, 2006: 15].

Konceptualna uporaba makete, ki je z Albertijevim delom dobila teoretično podlago, pa se v praksi nikoli popolnoma ne razvije. Ideja trirazsežnega oblikovalskega procesa postane žrtev svojega časa v katerem se arhitektura profilira kot intelektualna dejavnost in se identificira z risbo kot osnovnim medijem svojega izraza. Risbe, posebej perspektivne, postanejo najbolj zaželen način arhitekturnega razmisleka in prikaza, njihov primat pa se še okrepi v obdobju dominacije Ecole de Beaux-Arts.

Sistem francoske akademije arhitekturo povzdigne na nivo filozofije. Šolanje temelji na prepričanju, da je edina prava arhitektura antična in da je osnovna naloga arhitekta prilagajanje njenih elementov različnim namenom. Arhitekturna praksa Ecole de Beaux-Arts na področju arhitekturnega izobraževanja dominira okoli dvesto let in je svet izključno dvodimenzionalne

prezentacije. Arhitekturo vidi kot intelektualno dejavnost, ki se odreja praktičnemu izobraževanju v zidavi, mazanju rok in posledično tudi izdelavi maket [Morris, 2006: 15].

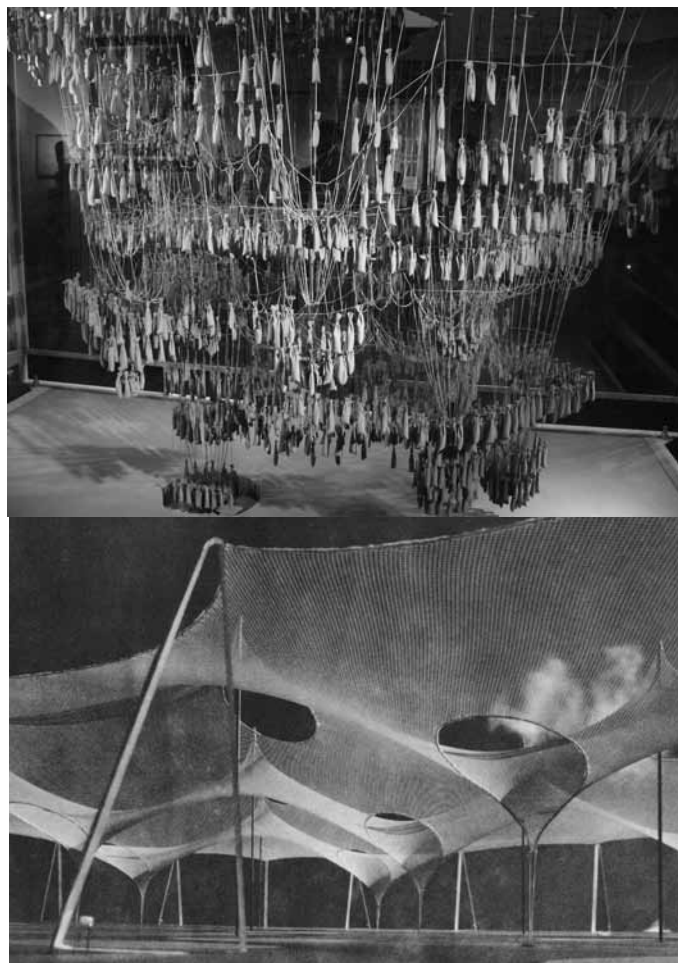
Princip konceptualne makete in preverjanja zamisli v fizičnem prostoru se ponovno aktualizira z novimi pristopi k oblikovanju in pojavom modernizma. Preskok je najbolj očiten v uveljavitvi principa šole Bauhaus. Ta pretrga tradicijo Beaux-Arts, akademski način poučevanja označi za preživet in veže pouk na ročno preverjanje konceptov in iskanje rešitev v fizičnem prostoru. Maketa v Bauhausu postane osnovno sredstvo čiste kreativnosti in je pogosto na meji med arhitekturo in kiparstvom [Morris, 2006: 20-21].

V času, ko računalniki še niso bili dostopni, je bila maketa pogosto edini način testiranja in definiranja zapletenih oblik, ki so s svojo kompleksnostjo predstavljale nerešljivo uganko za ustaljene načine konstruiranja in matematične preveritve. V praksi nekaterih arhitektov (Gaudí, Saarinen, Gehry, itn.) se zato, kot osnovni način razvoja projekta, uveljavi fizična predstavitev, ki se po potrebi naknadno prenese v dve dimenziji [Congdon, 2010]. Med vrhunce tovrstne uporabe maket sodi delo Otta Freia na Inštitutu za lahke konstrukcije v Stuttgartu. Tu načrtovanje in statično preveritev geometrijsko zapletenih konstrukcij z uporabo maket dopolnjuje obdelava rezultatov s pomočjo specifične metode fotografskih meritev (fotogrametrija). Le-ta omogoča natančen prenos rezultatov v obliko tehnične risbe [Janke, 1978: 88].



Slika 3: V modernizmu je maketa pomembno konceptualno orodje. Vir: <http://42ndblackwatch1881.files.wordpress.com/2009/04/c-5.jpeg> <dostop avgust 2011>.

Figure 3: In modernism, the model is an important conceptual tool.



Slika 4, 5: V preteklosti so bile makete pomembno orodje za iskanju statičnih rešitev neobičajnih oblik (Gaudí / Otto Frei). Vir: http://lh6.ggpht.com/0MpO2PGQV70/RoWCiccPBYI/AAAAAAAAAeY/80dWtqJOF_c/P1010470.JPG <dostop avgust 2011>, <http://sculptors.com/~salsbury/Gifs/FreiOtto4.jpg> <dostop november 2011>.

Figure 4, 5: In the past, models served as significant tools for seeking static solutions for unusual forms (Gaudí/Otto Frei).

Na podobne načine se makete uporabljajo tudi za akustične in okoljske eksperimente (prezračevanje, osončenost, svetloba, itn.). Z uporabo posebnih metod je bilo od sedemdesetih let prejšnjega stoletja mogoče na maketah testirati akustične lastnosti z visoko natančnostjo. Rezultati pridobljeni na maketi v merilu 1:10 so skoraj identični tistim iz končanega objekta, kar je že v času načrtovanja omogočalo uporabo akustično najbolj ugodnih rešitev. S testiranjem na maketah so v preteklosti dobivali tudi podatke o osvetljenosti prostorov z naravno in umetno svetlobo. Za preverjanje okoljskih vplivov objekta pa izvajali teste v vetrovnikih. Natančne meritve vrtinčenja vetra ob objektu omogočajo preprečevanje vdora visokih koncentracij prašnih delcev v notranjost objekta že med načrtovanjem [Janke, 1978: 90]. Vse zgoraj opisane metode so uporabne še danes, vendar jih v večini primerov nadomeščajo digitalna orodja, ki omogočajo hitrejšo pridobitev rezultatov z manj napora.

Neglede na nesporen razcvet uporabe konceptualne makete v dvajsetem stoletju se prvi večji vpogled v zakulisje prakse zgodi šele leta 1976, ko ameriški Institute for Architecture and Urban Studies v New Yorku pripravi razstavo Idea as Model. Na razstavi, namenjeni izključno predstavitvi makete kot orodja, so

predstavljena dela arhitektov, ki bodo zaznamovali prihajajoče obdobje (med njimi Frank Ghery, Robert Venturi, John Hejduk, Aldo Rossi, John Krier, Robert Stern itn.). Katalog razstave, ki vsebuje tudi kompleksen teoretičen razmislek o konceptualni vlogi makete, izide šele leta 1981, v desetletju, ki ga bo zaznamoval pojav računalniškega modeliranja in posledična potreba po redefiniciji te vloge [Moore, 1991: 7].

Digitalni proces

Danes lahko trdimo, da noben tehnološki napredek ni imel bolj trajnega in daljnosežnega učinka na delo arhitektov kot prav pojav osebnega računalnika [Oswald, 2008: 9].

Najbolj vpliven zasuk se je zgodil na relaciji projekcija/objekt. V analognem načinu dela je arhitekt objekt definiral z določenim številom projekcij, ki naj bi ga popolnoma opisale. Pojav digitalnih načrtovalskih orodij obrne tradicionalni način dela na glavo. Arhitekt v računalniškem okolju dela direktno na virtualnem trirazsežnostnem modelu objekta. Računalniški vmesnik omogoča hitro spreminjanje pogleda in simultano delo na večih projekcijah. Objekt v fazi načrtovanja ni več le določeno število značilnih projekcij, ampak popolnoma definiran sistem virtualnih elementov, sposoben generiranja neskončnega števila projekcij samega sebe [Allen, 2009: 76].

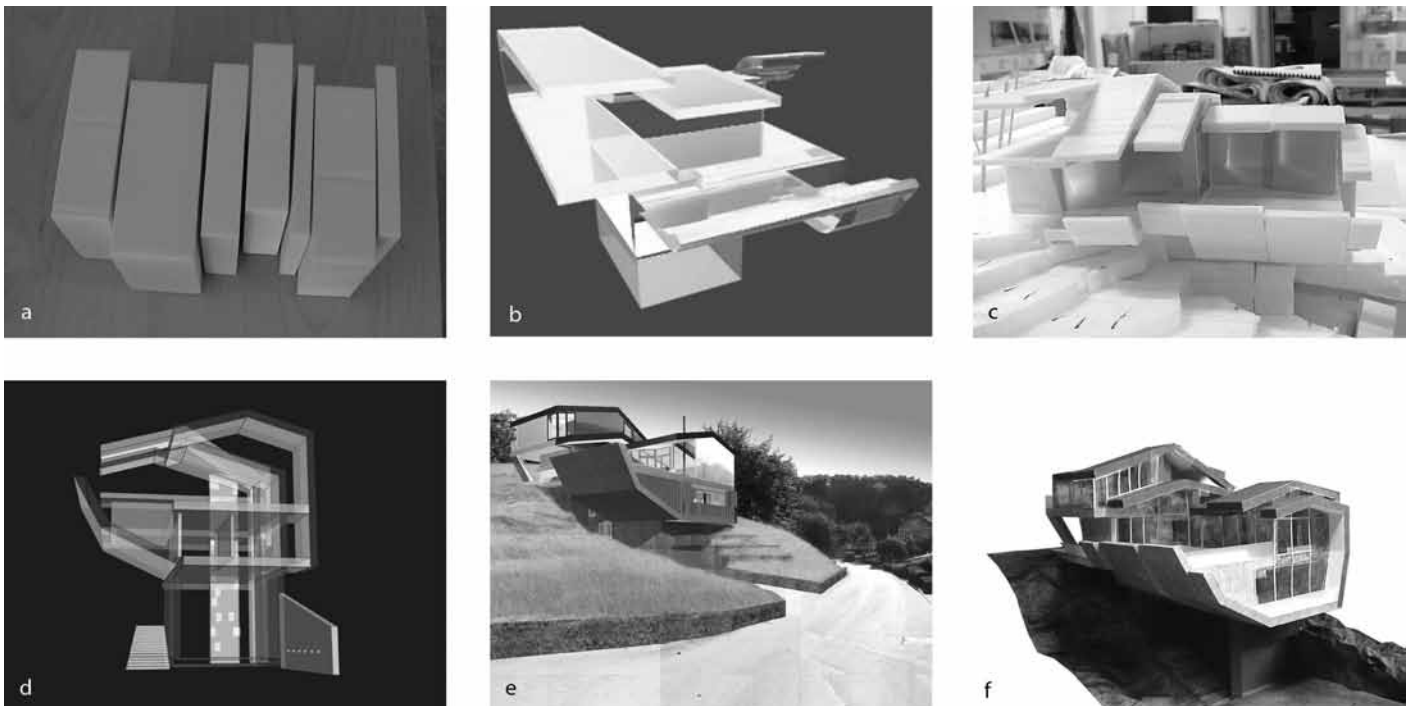
Računalnik je metodološko umeščen v proces zasnove, izvedbe in prezentacije arhitekturne naloge [Kalčič, 2002: 1] predvsem po zaslugi vsestranske uporabnosti digitalnega modela, ki je zaradi svoje popolne definiraniosti uporaben kot predstavitveno in konceptualno orodje ter kot osnova za neposredno realizacijo. Računalnik začne pot integracije v proces arhitekturnega načrtovanja kot risarsko orodje. Kmalu zatem so prišle prve spremembe v načinu prezentacije arhitekture. Najbolj očitni novosti sta bili ponovna uporaba perspektivne risbe, ki je sedaj nastajala brez napora, in uporaba barv. V obeh primerih je lahkota, s katero je bilo mogoče ustvariti učinek, velikokrat

premagala kritičen razmislek o arhitekturni vrednosti tovrstnega načina predstavitve [Allen, 2009: 74].

Prostorske vizualizacije so postale nov standard v predstavljanju arhitekture. Čeprav je v začetku veljalo, da naj bi zadostno število fotografsko realističnih vizualizacij in virtualnih sprehodov pripomoglo k preprečevanju in odpravljanju projektantskih napak, se je kmalu izkazalo, da ima medij zelo omejeno uporabnost v prostorskem raziskovanju. Vrednotenje tovrstnih prezentacij je odvisno predvsem od tega, kako dobro posnemajo "realnost" [Oswald, 2008: 29], njihova uspešnost pa je merjena po normah realističnih medijev (filma in fotografije) oz. po estetiki in pravilih popkulture [Allen, 2009: 74]. Bolj kot način konceptualizacije se uporaba prostorske vizualizacije profilira kot način propagande. Stroka bolj ceni abstrakcijo, ki v zgodnjih fazah razvoja projekta omogoča postopne odgovore na vprašanja prostora in vzpostavitev kompleksnih notranjih odnosov. Arhitektura se tako tudi v digitalnem procesu v glavnem odpoveduje vizualni konvenciji realnosti, ki zaradi marginalne koristi sili projektante k odpovedovanju močnemu operativnemu in konceptualnemu orodju [Allen, 2009: 75].

Proces dela v arhitekturi vse bolj izkorišča specifično digitalnega modela, ki zagotavlja kumulativen učinek in postopno definiranje zamisli. Elementi in podrobnosti se dodajajo, deli niso nujno integrirani v celoto. Element je dostopen kadarkoli ne glede na to, kaj se dogaja okoli njega. Pot razvoja projekta ne vodi samo od splošnega k specifičnemu, ampak se projektant premika od celote k detajlu in nazaj ter na ta način preseže tradicionalno hierarhijo oblikovalskega procesa [Allen, 2009: 76].

Programska oprema presega uporabnost orodja in postaja odzivno okolje, ki omogoča inovativne zasnove, hitro vizualizacijo, sprotno preverjanje rešitev in nove načine reševanja konstrukcijskih problemov. Uporaba parametričnega načrtovanja je v arhitekturo vnesla nov način razmisleka o prostoru in arhitekturi, ki izhaja iz algoritemskega potenciala



Slika 6: V sodobni praksi se uporabi maket in računalniških modelov pogosto dopolnjujeta. (arhiv Sadar + Vuga d.o.o.).

Figure 6: In modern practice, the uses of physical and digital models often complement each other.

računalniških programov in ne tektonskih lastnosti gradiv. Na ta način so omogočena nova dognanja na področju načrtovanja kompleksnih geometrij in tektonike ter načrtovanje vse bolj sofisticiranih materialnih lastnosti elementov in gradiv [Leach, Turnbull, Williams, 2004: 4].

Dostopnost posameznih elementov je osnova za neposredno uporabo digitalnega modela kot osnove za realizacijo. V digitalno podprti gradnji BIM (Building Information Modeling) model predstavlja objekt kot integrirano bazo usklajenih podatkov. V principu gre za prilagoditve standardne CAD programske opreme na način, ki omogoča, da je vsak element kodiran kot objekt, s katerim je mogoče povezati ne-grafične podatke v standardnih računalniških formatih. Vsak element računalniške risbe je tako lahko nosilec nevidnih informacij o gradivu, lastnostih, ceni, dobaviteljih, itn. Ti ne-grafični podatki so hranjeni v povezanih tabelah in jih je mogoče uporabljati za pripravo terminskih planov, simulacij gradnje in specifikacij [Silver, McLean, 2008:114].

Univerzalnost digitalnega modela omogoča uporabo istega modela kot osnove za konceptualne preveritve, predstavitve in izvedbe projekta. Glavna pomanjkljivost modela v računalniškem okolju je dvodimenzionalnost njegove prezentacije na računalniškem zaslonu, kar ne glede na možnost vrtenja in izdelave foto realističnih vizualnih predstavitev omejuje njegovo instrumentalno uporabnost.

Aktualnost makete v digitalnem procesu

Začetek uporabe digitalnih orodij je spremljala navidezna odvečnost fizičnih načrtovalskih pomagala, za katera je kazalo, da jih bodo z lahkoto nadomestili digitalni modeli v virtualnem prostoru. Neomejene rotacije in enostavnost spreminjanja virtualnega objekta na računalniškem zaslonu so napovedovale konec makete [Oswald, 2008: 9], ki pa se ni zgodil. Razlogov za to je več, med najbolj osnovne gotovo sodi pomembnost fizičnega stika z objektom in kompleksnost preveritve v realnem prostoru, ki je ni mogoče nadomestiti z nobenim načinom dvodimenzionalne projekcije. Informacije je izgubljena vedno, ko polnost fizičnega objekta nadomesti linearna abstrakcija [Allen, 2009: 4].

Maketa ostaja najbolj sporočilni način predstavitve projekta in močno konceptualno orodje tudi v času, ko sodobna parametrična orodja omogočajo zasnove, ki presegajo omejitve analognega procesa. Proces računalniškega načrtovanja sprva olajša zasnovo tovrstnih geometrij, vendar je preveritev njihove kakovosti mogoča le v fizični sferi [Kern, 2008: 106]. Oblike, ki ob tem nastajajo, so lahko geometrijsko zelo kompleksne in težko dojemljive le kot dvodimenzionalni prikaz na računalniškem zaslonu. Za uspešno delo arhitekta je nujen popoln nadzor nad obliko, ki ga veliko lažje dosežemo na podlagi kompleksne preveritve v fizičnem prostoru.

Načini prenosa ideje v fizično obliko

Fizičen prostorski prikaz je kot konceptualno orodje učinkovit le, če je projektantu dostopen v trenutku sprejemanja odločitev in je verodostojen prikaz projektirane oblike. Konceptualne makete se v praksi pojavljajo na mnogo načinov. Glede na fazo uporabe se s tem nazivom označuje vse od zgibanega papirja do kompleksnih preveritev določenih detajlov. Gradiva za izdelavo konceptualnih maket družijo enostavnost obdelave, ki omogoča hitro izdelavo, spremembe in sprotne popravke. Uporaba tovrstnih gradiv pri preverjanju kompleksnih geometrij in vse

bolj definiranih oblik v zrelih fazah razvoja projekta pogosto vodi v odklone oz. nenatančne prezentacije ali dolgotrajne procese izdelave, ki relativizirajo uporabnost medija.

S tem, ko tehnologije prehajajo v zrelo dobo uporabe in se baza uporabnikov širi, postaja vse bolj evidentna množica možnosti za njihovo in korporacijo v proces arhitekture. Z razvojem tehnologij, namenjenih hitri izdelavi prototipov, se širi spekter področij njihove uporabe. Način izdelave, ki omogoča materializacijo direktno iz računalniške datoteke, se s pridom uporablja tudi v arhitekturnem projektiranju. Zmanjšanje razlik med virtualno in fizično predstavitvijo širi možnosti za učinkovito uporabo konceptualnih maket tudi na področje kompleksnih geometrij in na vse faze razvoja projekta, ter s tem odpira nove možnosti za uporabo medija.

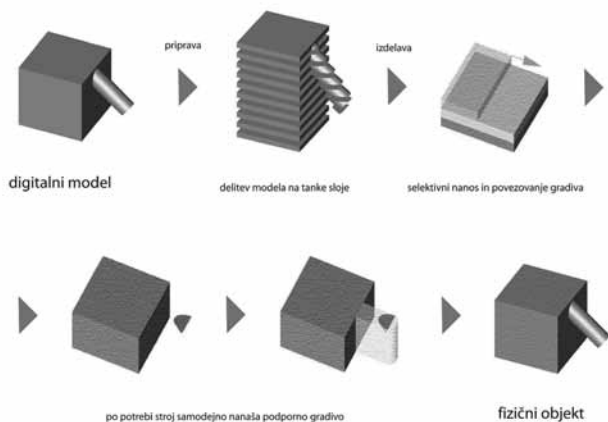
Možnosti za izdelavo direktno iz digitalnih datotek

Razvoj digitalne izdelave je uporabnost računalnika razširil v polje materializacije zasnov in omogočil hitro izdelavo prototipov. Preskok v načinu dela, ki je sledil razvoju tovrstnih tehnologij, je posebno opazen na nekaterih področjih industrijskega oblikovanja, predvsem v avtomobilski in letalski industriji. V teh panogah je mogoče govoriti o popolni digitalizaciji oblikovalskega procesa, kjer sedigitalno zasnovani koncepti skozi vse faze razvoja preverjajo tudi v fizičnem prostoru na podlagi računalniško izdelanih fizičnih objektov [Scheurer, 2008: 59]. Prvemu komercialno dostopnemu sistemu za hitro izdelavo prototipov, ki je na trg prišel leta 1987, je sledila množica sorodnih tehnologij. Razvoj omogoča vedno večjo natančnost in hitrost izdelave, padanje cen in vse večja enostavnost uporabe pa širi krog uporabnikov.

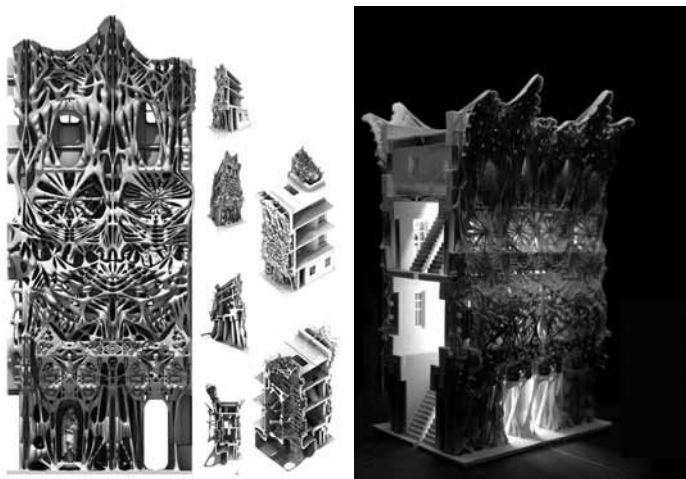
"Slojevite tehnologije" ali "Tehnologije hitre izdelave prototipov" je splošni naziv za proizvodne procese, namenjene izdelavi fizičnih modelov direktno iz CAD datotek. Vse metode temeljijo na selektivnem nanašanju in povezovanju plasti gradiva v trdne objekte. Digitalni 3D model (solid) stroj razdeli oz. "razreže" na dvodimenzionalne sloje in potem na podlagi teh podatkov selektivno povezuje gradivo v končni izdelek. Takšen aditivni proizvodni proces omogoča natančno in hitro reprodukcijo kompleksnih računalniško ustvarjenih oblik [Kolarevic, 2009]. Gradiva je mogoče uporabiti samostojno ali jih povezati v kompozitne strukture. Tehnologije, ki trenutno prevladujejo na tržišču, izdelke "gradijo" iz foto-občutljivih epoksidnih smol (stereolitografija), kovin (laserjsko sintranje), plastike in mavca. Možna je tudi izdelava iz množice drugih materialov, ki pa so za izdelavo maket manj zanimivi (keramika, steklo, beton, biološka gradiva itn.). Sodobne naprave že vključujejo barvna gradiva in obarvanje mavca po barvnem modelu CMYK (Cyan-Magenta-Yellow-Key) v 250.000 barvah. Nova generacija cenovno dostopnih (za pisarniško uporabo prilagojenih) sistemov omogoča ustvarjalcem neposreden dostop do tehnologij in možnost uporabe v vseh fazah projekta.

Specifika arhitekturne uporabe trirazsežnostnih načrtovalskih orodij, ki je bistveno drugačna kot na strogo inženirskih področjih [Kalčič, 2002: 1], lahko privede do nekaterih zapletov pri uporabi tehnologij slojevite izdelave. Digitalni arhitekturni modeli so, podobno kot tisti v strojništvu, zasnovani v okolju, ki operira z realno velikostjo (1:1). Strojniški so običajno tudi izdelani v tem merilu, arhitekturne modele pa je za izdelavo v merilu makete potrebno pomanjšati. Posledica tega procesa je nezadostna debelina določenih elementov za neposredno izdelavo in potreba po dodatnem delu. Podobne težave nastajajo

zaradi nenatančnega izrisa elementov (mreža ni "vodotesna") in zato, ker arhitekti za konceptualno preverjanje v digitalnem okolju uporabljajo modele brez debelin oz. so debeline premajhne, da bi omogočale neposredno izdelavo.



Slika 7: Princip delovanja tehnologij za slojevito izdelavo.
Figure 7: The working principle of technologies for layered production.



Slika 8, 9: Slojevite tehnologije omogočajo hitro izdelavo in preveritev kompleksnih računalniško ustvarjenih oblik v fizičnem prostoru. Vir: http://3dchaos.de/pics/Synthetic-syncretism_Tobias-klein_002.jpg (3d), <dostop avgust 2011>. <http://thefunambulistdotnet.files.wordpress.com/2010/12/synthetic-syncretism-small-2.jpg> (maketa), <dostop avgust 2011>. Figures 8, 9: Layered technologies enable fast production and control of complex computer-generated forms in physical space.

Vloga maket v izobraževanju

Fizične vizualizacije so v izobraževanju pomembne, ker omogočajo boljši pregled in razpravo o projektih, ki poglobi odnos med študenti in mentorjem [Shih, 2006: 36]. S prenosom principa skice v fizični prostor v obliki delovne makete je zagotovljena osnovna za razvoj jasne predstave, ki je nepogrešljiva pri učenju ocenjevanja in vrednotenja lastnih zasnov [Oswald, 2008: 13].

V arhitekturi velja, da arhitekti rišejo tisto, kar lahko zgradijo in gradijo tisto, kar lahko narišejo [Seely, 2004: 13]. Rezultati projektiranja za izvedbo z določeno tehnologijo bodo popolnoma drugačni kot če te omejitve ni. Ker so makete pogosto edini način materializacije zasnov, nastalih med študijem, je z razvojem digitalnih orodij in načinov materializacije prav na področju izobraževanja prišlo do situacije, v kateri je bila omogočena popolna digitalizacija procesa zasnov in izvedbe.

Šole za arhitekturo so slojevite tehnologije vključile v izobraževalni sistem in študentom omogočile raziskovanje meja oblike in prostora ustvarjenega v digitalnem okolju. Tovrstni pristopi raziskovanja prostora iščejo inovativne oblike z digitalnimi raziskavami, kasneje pa jih izpopolnijo in rafinirajo z uporabo računalniško izdelanih maket. Prenos projekta v fizičen prostor omogoči nepričakovana odkritja in širi meje oblike in gradiva do vedno novih meja [Balliet, 2010: 8].

Z materializacijo digitalnih zasnov študentje uvidijo potrebo po vnaprejšnji preveritvi trdnosti oz. nosilnosti konstrukcije. Pregled je posebno pomemben zato, ker se v sodobnih trendih digitalne arhitekture vse pogosteje pojavljajo antigravitacijske zasnove z elementi, ki lebdejo v zraku [Shih, 2006: 36].

Uveljavitev slojevitih tehnologij v izobraževanju ni več vprašljiva, še vedno pa je veliko različnih interpretacij njihove koristnosti. Glavni pomislek glede uporabe tovrstnih tehnologij izhaja iz načina izdelave, ki je izrazito netektonski in z realizacijo v arhitekturi nima direktne zveze.

Zagovorniki poudarjajo, da slojevite tehnologije niso le orodje, ki virtualno spreminja v oprijemljivo, ampak predvsem sredstvo razvoja kreativnosti ljudi, ki bodo oblikovali arhitekturo prihodnosti. V izobraževanju omogočajo bolj enakovredno pedagoško obravnavo študentov. Kakovost maket ni več odvisna od osebne sposobnosti oz. spretnosti študenta [Shih, 2006: 36]. Čeprav slojevite tehnologije dovoljujejo izdelavo kompleksnih oblik z manj napora je kombiniranje tovrstnih izdelkov z na drug način izdelanimi elementi zahtevna in natančna operacija. Vnaprejšnji razmislek o tem je lahko dobra vaja, ki prispeva k izboljšanju prostorske predstave in načinov iskanja odgovorov na prostorska vprašanja [Shih, 2006: 33]. Uporaba tovrstnih tehnologij v zgodnjih fazah strokovne izobrazbe pomaga študentom dojeti potencial orodij in možnosti za izdelavo konkretnih gradbenih elementov s pomočjo računalnika.

Zaključek

Zanimanje za uporabo maket skozi zgodovino ni le sporadičen pojav, ampak običajno sovпада s pojavom novih tehnologij, gradiv ali načinov projektiranja. Konceptualna moč fizične preveritve pride do izraza v trenutkih, ko variacija na temo ni več smiselna in se odpirajo možnosti za iskanje povsem novih rešitev.

Maketa v digitalnem procesu načrtovanja ostaja orodje preverjanja in predstavitve prostorskih idej ter je najbolj sporočilni način posredovanja arhitekturne informacije. Veliko zaslug za aktualizacijo makete lahko pripišemo prav hitremu razvoju programske opreme, ki je okrepila vlogo računalnika kot konceptualnega orodja. Digitalna izdelava predstavlja nov način obvladovanja potenciala sodobnih projektantskih orodij in omogoča vstop v nove sfere arhitekturnega ustvarjanja.

Razprava, ki sledi novi situaciji ne prihaja le iz arhitekturne sfere (Morris, Szczerbicki, itn.), ampak jo dopolnjuje prispevek strokovnjakov za odnose z javnostmi (Oswald), sociologije (Yaneva) in ostalih oblikovalskih disciplin. Literatura potrjuje večplastnost uporabe maket, ki ohranjajo tradicionalno mesto v konceptualizaciji in prezentaciji arhitekturne misli ter so univerzalno prisotne v projektantskem procesu.

Najbolj očitna novost na področju uporabe maket v digitalnem procesu načrtovanja je pojav tehnologij za digitalno izdelavo. Na ta način je v vsakem trenutku omogočena fizična preveritev digitalnega modela, ki ni več pogojena z geometrijskimi in statičnimi omejitvami klasičnih gradiv.

Diskusija

Maketa in digitalni proces se ne izključujeta, temveč dopolnjujeta. Rezultati pregleda pozicije makete v sodobni projektantski praksi potrjujejo, da je digitalni proces maketi naklonjen bolj kot se zdi na prvi pogled. Kompleksnost sodobnih geometrij na eni in enostavnost, hitrost ter natančnost realizacije v pomanjšanem merilu na drugi strani, zahtevata in omogočata preveritve v fizičnem prostoru na način, ki je bil v preteklosti težko predstavljen. Nov odnos med informacijo in snovjo ne ohranja le tradicionalne vloge makete, ampak omogoča nov nivo uporabe. Nivo instantne fizične preveritve računalniško ustvarjenih zasnov. Nivo, ki spodbuja nove pristope k reševanju prostorskih problemov in snovanju arhitekture.

Hitrost in natančnost preveritve je vezana na tehnologije slojevite izdelave. Delovanje teh tehnologij se zelo razlikuje od ostalih digitalno podprtih načinov izvedbe, ki so povečini adaptacije klasičnih načinov obdelave gradiva (računalniško krmiljen razrez, rezkanje, itn.). Novi načini izvedbe v marsičem presegajo omejitve tradicionalnih tehnologij, obenem pa jih definira izrazita netektonskost, ki z gradbeno prakso nima veliko skupnega. Ta lastnost v odnosu do preveritve oblike nikakor ni sporna. Problematična lahko postane predvsem v izobraževanju, če instantna dostopnost realizacije brez posrednikov uporabnika odvrne od razmisleka o izvedbi z drugimi sredstvi ali pozornost usmeri le v obliko.

V praksi se novosti uveljavljajo počasi. Stroka težko sledi hitremu razvoju tehnologij, kar pogosto vodi v napačne predstave zaradi omejenih informacij in izkušenj. Stroji za slojevito izdelavo so v arhitekturnih studijih prej izjema kot pravilo. Zunanji izvajalci omogočajo cenovno ugodno realizacijo, ki pa velikokrat preprečuje instanten dostop do makete in s tem popoln izkoristek potenciala tehnologij.

Čeprav ni nobenega dvoma o tem, da tehnologija odpira nove možnosti za uporabo maket, je v zgoraj omenjenih okoliščinah nemogoče objektivno presojati o realnih prednostih in pomanjkljivostih različnih orodij oz. tehnologij v procesu načrtovanja le na podlagi dostopne literature, ki je velikokrat usmerjena preveč splošno. Za odgovore na konkretna vprašanja bodo potrebne študije primerov uporabe tehnologij iz prakse, ki naj pokažejo omejitve in uporabnost tehnologij ter nakažejo prihodnje smeri razvoja in uporabe.

V vsakem primeru lahko pričakujemo, da bodo nove tehnologije še naprej spreminjale metodologijo načrtovanja in posledično tudi arhitekturo. Odnos med projektantom in realizacijo ter informacijo in gradivom, ki ga vzpostavlja digitalni proces vodi v vse bolj direktno realizacijo ideje in tudi v arhitekturi vzpostavlja kontinuiteto digitalnega procesa. Korist, ki jo bo od tega imela arhitektura, je odvisna predvsem od kritičnosti projektantov pri uporabi novosti, ki lahko izhaja le iz seznanjenosti s specifično določene tehnologije in možnosti za kompleksno preveritev zasnov skozi vse faze projekta. Med najboljše načine preveritve tudi v digitalnem procesu načrtovanja sodi maketa.

Viri in literatura

- Morris, M., (2006): *Models: Architecture and the miniature*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Allen, S., (2009): *Practice: Architecture, Technique + Representation*. Routledge, Abingdon.
- Oswald, A., (2008): *Architectural Models*. DOM publishers, Berlin.
- Szczerbicki, M., (2009): *Modelling Diagrams: The Model in the Design Process in Contemporary European Practice*. Byera Hadley Travelling Scholarship 2007.
- Kirton, E.F., Lavoie, S.D. (2005): *Utilizing Rapid Prototyping for Architectural Modeling*. Oppenheimer award 2005 Mid-Year Conference.
- Sánchez, J., Gonzalez Prada, J., Oyarbide, A., (2005): *Using Rapid Prototyping for Free-form Shapes in Architectural Scale Models*. Tecnum (University of Navarra), San Sebastián.
- Seely, J. CK, (2004): *Digital Fabrication in the Architectural Design Process* (magistrska naloga). Massachusetts Institute of Technology.
- Shih, N.J., (2006): *RP-aided Design in Architectural Studios*. V: *Computer- Aided Design & Applications*, Vol. 3, No. 1-4, str. 21-40.
- Balliet, K., Buck, B.,(2010): *Visual Catalog: Greg Lynn's Studio at the University of Applied Arts Vienna*, Springer-Verlag, Wien.
- Kalčič, I., (2002): *Računalnik in metoda v arhitekturi* (raziskovalna naloga). Fakulteta za arhitekturo, UL, Ljubljana.
- Kolarevic, B., (2009): *Architecture in the digital age: designing and manufacturing*. Taylor and Francis, New York / London.
- Silver, P., McLean W. (2008): *Introduction to Architectural Technology*. Laurence King Publishing, London.
- Scheurer, F., (2008): *Size Matters: Digital Manufacturing in Architecture*. V: Abruzzo, E., Solomon, J.D., editors *Dimension*, 306090 Books, Volume 12. September 2008.
- Kern, C., (2008): *Knowledge Transfer V: Horden,R., Micro Architecture: Studio + Projects*, Institute for architecture and product design, Faculty for Architecture, Technical University, Munich.
- Leach, N., Turnbull, D., Williams, C., (2004): *Digital Tectonics*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Congdon, R.T., (2010): *Architectural Model Building: Tools, Techniques, and Materials*. Fairchild books, New York.
- Janke, R.,(1978): *Architectural Models*. Academy Editions, London.
- Wendland, D., (2001): *Model-based Formfinding Process: Free forms in structural and architectural design*. Universität Stuttgart, Institut für Darstellen und Gestalten 2, Stuttgart.
- Penttilä, H., (2006): *Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression*. Helsinki University of Technology HUT, Department of Architecture, Finland.

"Operacijo delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada."



mag. Luka Jančić, mladi raziskovalec iz gospodarstva
luka.jancic@sadarvuga.com
Sadar + Vuga d.o.o.

prof. dr. Fedja Košir
fedja.kosir@fa.uni-lj.si
UL Fakulteta za arhitekturo

Iz recenzije

Članak je primjeren suvremenom trenutku arhitektonske teorije i prakse.

Mišljenja sam, međutim, da članak treba dopuniti s nekoliko elemenata (i primjera) s teorijskim obrazloženjem:

1. Modelima iz prakse O. Frei-a (na primjer: Munnheim, 1975),

2. Primjerima iz oblasti "akustičkog projektiranja"

- modeli (makete) za: metodu valova na vodi, ultrazvučnu metodu, elektrometodu...

- (našto iz prakse autora: Krekstad, Strom, Sorsdal koji su prvi primijenili računar u akustičkom projektiranju, 1968).

prof. dr. Ahmet Hadrović
Arhitektonski Fakultet
Univerziteta u Sarajevu