

SNOVANJE SODOBNIH MOSTOV IN VIADUKTOV

DESIGN OF MODERN BRIDGES AND VIADUCTS

prof. dr. Blaž Vogelnik, univ. dipl. inž. arh.

Redni profesor predmeta Arhitektna konstrukcije
Fakulteta za arhitekturo Univerze v Ljubljani

Strokovni članek

UDK: 624.21

Povzetek | Članek je bil napisan kot reakcija na prispevek prof. dr. Milenka Pržulja, ki trdi, da so avtorji, odgovorni projektanti in graditelji mostov lahko samo gradbeni inženirji konstrukcijske smeri, ker jim to program študija in praksa omogočata. To pa je trditev, ki nima realne podlage, saj so večino mostov kakor tudi drugih megakonstrukcij zasnovali arhitekti. Iz same narave dela izhaja spoznanje, da gradbenik in arhitekt pri svojih snovanjih ne moreta uporabljati enakega razmišljanja in enakih metod dela. Zato sta si tudi tako različna. Iz vsega tega lahko tudi ugotovimo, da so poskusi gradbenika pri načrtovanju npr. mostov vezani pretežno samo na statiko, kajti znanj, ki jih mora obvladati arhitekt pri kreiranju novih objektov, gradbenik nima.

Summary | This paper is a response to Prof. Dr. Milenko Pržulj's paper, in which he claims that bridge design is solely the realm of construction engineers, as they are the professionals who undergo the needed educational and subsequent practical experience. This thesis does not wholly portray the fact that the majority of bridges and mega structures were designed by architects. The very nature of bridge design shows that construction engineers and architects use different design processes. This leads to the conclusion that construction engineers, who are trained in statics, leave design for the end. Construction engineers do not have the appropriate training and knowledge needed for both design of bridges and their complex role within the context of which they redefine.

Članek MOSTOVI – DOSEŽKI, KRITERIJI VREDNOTENJA, AVTORSTVO, ki ga je napisal prof. dr. Milenko Pržulj v Gradbenem vestniku, letnik 60, januar 2011, me je spodbudil, da pišem te besede, ker želim »popraviti« hudo napačno gledanje avtorja prof. Pržulja, ki v svojem prispevku, napisanem v maniri dnevnega novinarskega časopisnega poročanja, bralcem, predvsem mladim in še neizkušnim podaja napačne signale, ki so usmerjeni v veliki meri k slabim rešitvam arhitektonsko edinstvenih konstrukcij, ki jih predstavljajo mostovi in viadukti.

Prof. Pržulj je med drugim napisal naslednje: »Avtorji, odgovorni projektanti in graditelji mostov so lahko samo gradbeni inženirji konstrukcijske smeri, ker jim to program študija in praksa omogočata. Geomehaniki, arhitekti, cestni projektanti, hidrotehniki in krajinski arhitekti

dajejo svoj doprinos k uspešni kompoziciji mostu in so zaželeni sodelavci odgovornemu projektantu in avtorju.« Zanimivo, arhitekta je v »drugi ligi« prof. Pržulj postavil za geomehaniki (če se našteva enakopravne sodelavce, se jih običajno našteje po abecednem redu). Ali morda lahko sklepamo, ko je napisal, da so geomehaniki, arhitekti idr. zaželeni sodelavci, da je mogoče zasnovati most tudi brez njih? Ko sta pred nekaj leti arhitekta Sadar & Vuga načrtovala nov delavski dom na mestu starega doma, ki je bil postavljen v letih pred drugo svetovno vojno v času Bauhauasa in je imel vse elemente takrat zelo naprednega snovanja tega arhitekturnega »sodobnega« oblikovanja, ki so ga razvili odlični arhitekti na čelu z Gropiusom v predvojni Nemčiji, sta me poklicala (oba sta bila tudi moja študenta) in rekla: »Do sem smo prišli, sedaj rabimo vas.«

Vsa konstrukcija izjemno zanimive zgradbe, za katero je mestu Ljubljana lahko žal, saj je umetnostni zgodovinarji niso pustili realizirati, je bila postavljena s strani arhitektov. Samo pri zavetrovanju in fundiranju je bilo potrebnih nekaj popravkov. Zakaj to pripovedujem? Zato, ker arhitekta na fakulteti učim, da naj najprej sami zasnujejo vso nosilno konstrukcijo in naj šele potem pokličejo gradbenika. Če ga pokličejo prehitro, je velika verjetnost, da bo objekt ostal povprečen. Zakaj? Gradbenik se ne oblikuje samo na fakulteti, ampak na šolo prinese že velik del včasih zavestno, mnogokrat pa podzavestno oblikovane vzorce tehnologije razmišljanja, ki je seveda odvisna od karakterja in inteligenčnega potenciala posameznika. (V zadnjih dveh letih mi je profesor z gradbene fakultete že dvakrat potožil, da imajo na fakulteti slabe študente, »saj

najboljše poberete vi«, je zaključil.) Podobno seveda velja tudi za arhitekta. Vendar je med njima velika razlika. Gradbenik razmišlja togo, največkrat neintuitivno, nekreativno in je svetlobna leta oddaljen od fantazije. Arhitekt pa je vihrov, največkrat zelo inteligenten in ni pripravljen hoditi po ravni črti, ki si jo je začrtal gradbenik. S te črte skače levo in desno in mnogokrat zaide v oblake, kjer gradi z veliko mero fantazije »gradove« vseh mogočih oblik. Če bi se pošalil, bi rekel, da so gradbeniki v mladih letih verjetno prebirali Karla Marxa in pri tem poslušali glasbo Wagnerja, arhitekti pa so brali Karla Maya in poslušali razigranega Mozarta. Fakulteta vse te »vhodne elemente« še nadgradi in utrdi. Pa dobimo rezultat, o katerem je pred leti pisal tudi prof. dr. B. Dobovišek (Gradbeni vestnik, februar 2003, letnik LII). Napisal je takole: »Pri timskem delu med študenti arhitekture in gradbeništva je bila opazna razlika v vzgoji in miselnosti obeh poklicev. Študentje gradbeništva so praviloma ob večjem pomanjkanju domišljije težili k znanim, običajnim konstrukcijskim rešitvam.« In nadaljuje: »Iz lastnih študijskih let se spomnim, da nismo nikoli konstruirali, to je, iskali konstrukcijskih rešitev. Pri vseh vajah smo samo računsko dokazovali vnaprej podane konstrukcijske sisteme, pri čemer dimenzioniranja posameznih elementov ne morem enačiti s konstruiranjem. Po informacijah, ki so mi dostopne, poteka študij gradbeništva podobno še danes na mnogih evropskih univerzah.«

Prof. Pržulj pa vztraja pri trditvi: »Avtorji, odgovorni projektanti in graditelji mostov so lahko samo gradbeni inženirji (...)« Nasproti njegovi trditvi postavljam svojo: v zadnjih letih so skoraj vse atraktivne konstrukcijske zasnove zasnovali arhitekti, »ker jim to program študija in praksa omogočata« (če si smem izposoditi besede prof. Pržulja). Poglejmo največjo mostno atrakcijo na svetu – le Viaduc de Millau v Franciji (slika 1), ki jo je zasnoval arhitekt sir Norman Foster (1993–2004).



Slika 1 • Norman Foster, Michel Virlogeux, Bridge at Millau (2004), Francija

Foster se je podpisal tudi pod betonski most Asta čez zaliv Arstaviken blizu Stockholma (1994–2005). Most z veliko mero elegance dopolnjuje in nadgrajuje prostor ob obstoječem jeklenem ločnem mostu in se s svojo organsko formo v rjavo-rdeči barvi, ki koketira z barvo macesna, zlije v izjemno kulturno stvaritev.

Ne smemo pozabiti omeniti Milenijskega mostu za pešce, ki sredi Londona premošča reko Temzo (slika 2). Projekt mostu je bil izbran v natečaju, ki ga je razpisal Financial Times skupaj z London Borough of Southwark in Royal Institute of British Architects. Pri projektu so sodelovali inženirji Arupa, arhitekti Foster and Partners in kipar sir Anthony Caro – skupaj preko 200 strokovnjakov. Pa vendar se je poleg mnogih inovativnih potez pojavila tudi velika napaka. Pri analizi mostu ni bil upoštevan učinek sinhronnega stranskega vzbujanja, kadar je preko mosta šlo v istem času več kot 150 ljudi. Ker je 10. junija 2000 prišlo na otvoritev izjemno veliko ljudi, je pri tej množici most horizontalno začel močno nihati. Most so že 12. junija 2000 zaprli in začeli z raziskavami. Za doseg stabilnosti mostu je bilo treba vgraditi več viskoznih dušilcev.



Slika 2 • Norman Foster, Arup, Anthony Caro, Millennium Bridge London (2000), Anglija

Po mojem vedenju je zaradi sanacije končna cena mostu narasla skoraj za 2,5-krat. (Podobne primere smo imeli tudi v Sloveniji, vendar smo jih reševali precej »neestetsko«.) In končno moramo omeniti še šampiona med graditelji mostov dr. Santiaga Calatravo (slika 3) (iz literature jih poznam več kot 50). Calatrava je španski arhitekt, ki je v doktorskem študiju študiral tudi gradbeništvo na univerzi v Zürichu.

Je v enaki meri umetnik, arhitekt in gradbenik. Npr. oblika, katere volumen je podoben ptici (postaja Lyon Satolas TGV), izhaja iz njegovih skulptur. »Včasih kreiram konstrukcijske kompozicije, ki jih lahko poimenujete skulpture. Te



Slika 3 • Santiago Calatrava Alamillo Bridge (1992), Seville, Španija

so temeljene na izredno osebnih idejah. Edino Felini in Kurosawa izdelujeta risbe za svoje filme. Tako jaz izdelujem skulpture za svoje stavbe,« pravi Calatrava in poudari, »v principu je arhitekt glavni in gradbenik dela zanj.« Pa če omenimo tudi druge konstrukcije, ne samo mostne, bomo videli, da so skoraj vse zasnovali arhitekti. Npr. letališka dvorana Kansai Osaka arhitekta Renza Piana, smučarska skakalnica v Innsbrucku Zahe Hadida (slika 5). (Imam posebno afiniteto, ker sem za sarajevsko zimsko olimpijado izdelal statično analizo za veliko smučarsko skakalnico in stolp.) Ne smemo mimo novega Hadidovega kontroverznega projekta spektakularne nadgradnje, ki lebdi nad obstoječo stavbo gasilskega doma v stari luki Antwerpna (predvideno za leto 2013).



Slika 4 • Renzo Piano Kansai Airport Terminal (1994), Osaka, Japonska

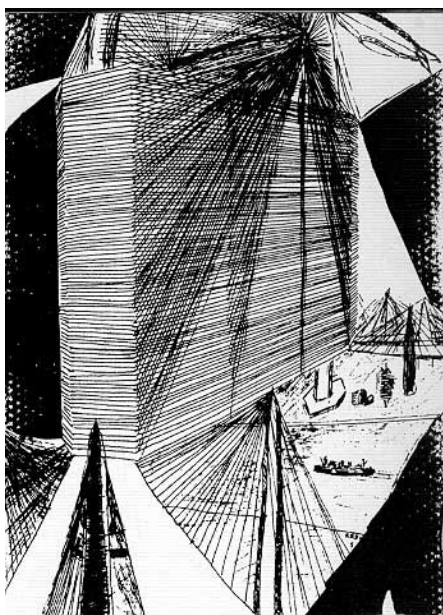
Moramo omeniti tudi arhitekta Niemayerja, ki je z velikimi zamahi svinčnika kreiral osupljive skice novih superkonstrukcij in ki je pri svojih sto letih še vedno aktiven. Lahko naštejemo še vrsto drugih konstruktorjev, ki niso bili gradbeniki, pa so zasnovali fantastične konstrukcije – npr. Buckminster Fuller, genialen arhitekt in konstruktor (slika 6), ki je med letoma 1968 in 1983 sodeloval tudi s Fosterjem (tudi Calatrava ga je imel poleg Candelle za vzornika). Ne smemo pozabiti tudi arhitekta Otta Freia – šotorske membranske konstrukcije. In še bi lahko naštevali.

Kaj pa izjeme? Vedno so izjeme, ki potrjujejo pravilo. V Sloveniji je izjema prav gotovo Pon-



Slika 5 • Zaha Hadid: Bergisel ski jump (2002), Innsbruck, Avstrija

ting – z odličnima projektantoma mostov: Marjanom Pipenbaherjem in Viktorjem Marklom. Ko sem govoril z izjemnim slovenskim konstruktorjem mostov M. Pipenbaherjem in ga vprašal, kdo je zasnoval črnokalski viadukt (slika 7), je povedal, da se je končna oblika tega velikega viadukta rodila v skupnem razmišljanju in enakovrednem sodelovanju z arhitektom J. Koželjem. »Če bi moral izjaviti, kdo je naredil pri tem več, bi ostal pri prej izrečenem: delo je bilo povsem skupinsko,



Slika 6 • Buckminster Fuller

ki se je medsebojno oplajalo in zaključilo v razcepljenih pilonih, ki so bili cenovno in estetsko izjemen dosežek.« Ko sem poklical J. Koželja, mi je povedal popolnoma enako. V nadaljnji diskusiji s konstruktorjem M. Pipenbaherjem mi je razložil, da je v sodelovanju z arhitektoma prof. P. Gabrijelčičem, s prof. J. Koželjem in z drugimi arhitekti že dodobra usvojil filozofijo in miselni proces arhitekta. »Tudi sam, tako kot na splošno vsak arhitekt, misli najprej prenašam na skico in z arhitektom, ki uporablja isto tehnologijo, se pogovarjava drug z drugim in vzajemno iščeva optimum.« Calatravi, ki je arhitekt, kipar, umetnik in gradbenik, tega ni treba delati, zato pravi, da se s skicami pogovarja sam s seboj.



Slika 7 • Marjan Pipenbaher, Janez Koželj: Viadukt Črni Kal (2004), Črni Kal, Slovenija



Slika 8 • Peter Gabrijelčič, Peter Koren: Most za pešce (2007), Radovljica, Slovenija, foto: Miran Kambič

Kaj pa avtorstvo? Neki arhitekt, ki veliko sodeluje pri projektiranju mostov, mi je potožil: »Naj prispevam, kolikor hočem, mene na nobeni plošči ni.« (Mišljena je plošča – največkrat v bronu, na kateri so napisani: letnica izgradnje, avtor projekta in gradbeno podjetje, ki je most gradilo, in je vgrajena na vidno mesto zgrajenega mostu.) Morda je to povračilo zato, ker je pri slovenskih arhitektih navada, da se v vseh publikacijah navajajo kot avtorji zgradbe samo arhitekti, gradbenika, ki je avtor

statične analize konstrukcije, pa ni nikjer. Tega npr. v Nemčiji ne boste doživeli. Kaj če se malo pošalim, ko bi komisija OECD, ki je analizirala naše gospodarstvo in ugotovila, da preveč dajemo za osnovno šolstvo in premalo za univerze in se prezgodaj upokojujemo, svetovala še to, da »k lepemu vedenju« spada tudi navedba vseh relevantnih avtorjev, ki so pri nekem projektu sodelovali – tako v arhitekturi kot v gradbeništvu. Slovenci tuje nasvete vedno jemljemo »smrtno resno«.

In kakšna je perspektiva arhitektov in gradbenikov v prihodnosti? Seveda je vedno več mogočih scenarijev, ki so odvisni od splošnega političnega, znanstvenega in gospodarskega razvoja tako na globalni kot tudi na lokalni ravni. Področja, ki imajo zelo veliko kritično maso in bazirajo na materialni – lahko bi rekli skoraj fizični osnovi – bodo napredovala zelo hitro. Področja, ki se gibljejo pretežno v nematerialnem prostoru, pa bodo pred prvimi vedno bolj zaostajala. Razvoj računalniško podprte simulacije obnašanja neke nosilne konstrukcije, kjer je poudarek na razkrivanju, kaj se v posameznih elementih v notranjosti dogaja (v predalčkih, v ploščah, v opnah, v nosilcih, v vozliščih ...), bo z razvojem umetne inteligence in ekspertnih programov program sam optimiral in definiral določeno konstrukcijo na osnovi podanih zahtev (gabariti, fundiranje, posedki, obtežbe, potresna varnost, deformacije itd.) ter analiziral tudi primerjave za določene materiale in kombinacije (armirani beton, jeklo, aluminij, les, profili iz karbonskih vlaken in razni kompozitni materiali itd.). Pri tako razviti programski opremi bo lahko arhitekt za nekompleksne objekte že sam – brez pomoči gradbenika – izdelal vse potrebne statične analize vključno z opažnimi in armaturnimi načrti in pri jeklenih konstrukcijah tudi vse delavniške načrte in detajle. Seveda bodo to zmogli samo arhitekti iz tistega dela Gaussove krivulje, ki definira izjemne talente in ki bodo z dodatnim študijem poglobili razumevanje poteka sil v nosilnih konstrukcijah zgradb. In kaj bo ostalo gradbenikom? Gradbeniki bodo prav gotovo še vedno sodelovali pri analiziranju konstrukcij in pomagali arhitektu predvsem pri zahtevnejših projektih. Vedno več in bolj pa se bodo verjetno posvečali novim rešitvam pametnih mostov in pametnih zgradb ter sodelovanju s programerji pri razvijanju novih ekspertnih programov. Na tem področju je še zelo veliko odprtega prostora, npr. pri dušenju, zaviranju in blaženju vplivov potresnih sil. Vedno bolj bomo vključevali aktivno varovanje objektov proti rušilnim silam in vključevali aktivno posredovanje senzorsko vodenih računalnikov, ki

bodo sprožili določene naprave v zgradbi za zmanjšanje vpliva potresa ali vetra ali raznih drugih fenomenov. In končno bodo tudi statično analizo, ki bo za zgradbe vsak dan bolj dinamična in natančna, gradbeniki nadgrajevali z raziskavami konstrukcijskih sprememb v posameznih gradbenih elementih in vozliščih zaradi vpliva obtežb ter z raziskavami utrujanja in staranja materialov in njihovih vplivov na varnost konstrukcij.

Razvoj programske opreme za oblikovanje zgradbe pa bo tekel mnogo počasneje. Kako vključevati estetske komponente skupaj z optimiranjem tehnologije bivanja v zgradbi in kako optimalno graditi »gradove v oblakih« je za zdaj še čista »alkimija«. Dokler ne bomo znali vključiti inovativnosti, domišljije in fantazije v program, ni nobene verjetnosti, da bi dobili vsaj delno uporabne rešitve. Seveda obstaja določeno upanje, da bi pri neposrednem »pogovarjanju« z računalnikom z uporabo metode Try and Error dobili neke uporabne rezultate, ki bi bili še zelo oddaljeni od zelenih rešitev. Skoraj brezizgledno je vključiti v program fantazijo, ki predstavlja zelo kompleksen problem. Fantazija je pri človekovem razmišljanju prav gotovo tudi pogojena od količine nakopičenih podatkov, ki jih skozi genetska sporočila iz pradavnine do današnjih dni nosimo v podzavesti. S temi

»skritimi« podatki in vsemi drugimi spoznanji ter znanji od antike naprej (Vitruvius, 25 pr. n. št.) in renesanse (Palladio, 1570), časov »stilnih« obdobji (barok, klasicizem, secesija itd.) in končno moderne dobe in ne nazadnje s svojo inteligenčno sposobnostjo kombinirati zelo veliko število posameznih elementov v nov sistem, lahko dosežemo neke rezultate, ki so lahko izjemni. (Po sistemski teoriji mora nov sistem predstavljati bistveno višjo vrednost, kot je seštevek posameznih elementov, ki tvorijo nov sistem). To seveda lahko naredi le človek. Računalnik, ki nima podzavesti z vsemi milijoni shranjenih podatkov, tega ne zmore. (Pred kratkim ameriški superračunalnik ni »vedel«, kje je Slovenija.)

Gradbenik, ki torej raziskuje »notranjost«, ima skoraj vse potrebne vhodne elemente določene. Arhitekt, ki raziskuje »zunanost«, pa tako enoznačnih podatkov nima na voljo, zato si jih v veliki meri mora enostavno »izmisliti«. Pri gradbeniku, ki uporablja dovolj dobre programe in pravilno vnese vhodne podatke, rezultati morajo biti dobri. Pri arhitektu, ki še ne more uporabljati računalnika za npr. izračun estetske popolnosti in je odvisen od slabših ali boljših »izmišljenih« podatkov, pa je nihanje v kakovosti rešitve lahko enormno. Gradbenik in arhitekt pri svojih snovanjih ne moreta uporabljati enakega razmišljanja in

enakih metod dela. Za to sta si tudi tako različna. Iz vsega tega izhaja tudi ugotovitev, da so poskusi gradbenika pri načrtovanju npr. mostov največkrat vezani samo na statiko, kajti znanj, ki jih mora obvladati arhitekt, gradbenik nima.

P. S.

Decembra 2010 sem zaradi prezasedenosti spregledal članek v Gradbenem vestniku, letnik 59, december 2010, v katerem Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad., objavlja pogovor s konstruktorjem velikih mostov Michelom Virlogeuxom. Verjetno članka ni spregledal prof. Pržulj in se je skoraj gotovo zgledoval po njem. Tudi moj pričujoči prispevek bi bil napisan drugače, če bi pisanje G. Humarja prebral prej. Ker je moj članek zaključen in je vse dogovorjeno za objavo, bom »moral« še enkrat seči po peresu in odgovoriti tudi na besedilo, ki ga je napisal G. Humar. Upam, da je dal besedilo intervjuja avtorizirati gospodu M. Virlogeuxu, ker bodo sicer morda nastopile neprijetnosti, kajti v besedilu je zaznati elemente sovražnega govora, ki ga od take avtoritete, kot je gospod M. Virlogeux, ne bi pričakoval. V vsakem primeru se bom potrudil, če bo odgovorni urednik prof. dr. Janez Duhovnik voljan to sprejeti, da razčistimo strahove gradbenikov na področju arhitekt–gradbenik.

ZAHVALA

Želim se zahvaliti kolegu Alešu Prijonu, univ. dipl. inž. arh., ki je prebral besedilo članka in me opozoril na določene napake, in ne nazadnje asistentu Josipu Konstantinoviču, univ. dipl. inž. arh., ki je vnesel fotografije v članek in ga pripravil za objavo.

LITERATURA

(ark) The StoJournal for Architects, Antwerp, Diamonds are forever, 67–79, 04/2010.

Dobovišek, B., Znanje se prenavlja, inovativnost, kreativnost in razumevanje so prava popotnica za prakso, Gradbeni vestnik, letnik 52, februar 2003.

Humar, G., Michel Virlogeux – graditelj velikih mostov in uresničevalec sanj, Gradbeni vestnik, letnik 59, december 2010.

Marks, R. M., The Dymaxion world of Buckminster Fuller, Reinhold publishing Corporation, New York, 1973.

Pržulj, M., Mostovi – dosežki, kriteriji vrednotenja, Gradbeni vestnik, letnik 60, januar 2011.

Internet, povzeto po:

Santiago Calatrava resources by Frederick Clifford Gibson.

Santiago Calatrava – Artworks by Michael Levin, Publisher: Birkhäuser.

Santiago Calatrava – Wikipedia l'inciclopedia libera.

Oscar Niemeyer From Wikipedia, the free encyclopedia.

Oscar Niemeyer – Great Buildings Online.

Frei Otto – Wikipedia, the free encyclopedia.

Renzo Piano Building Workshop, Complete works – Peter Buchanan, London: Phaidon Press Limited.

Norman Foster – Biography.

Norman Foster – Millenium bridge, Wikipedia, the free encyclopedia.