



Stručni rad/Professional paper
Primljen/Received: 3. 4. 2019.
Prihvaćen/Accepted: 27. 5. 2019.

MODELIRANJE KONSTRUKCIJE URBANE VILE

Donata Ramljak, mag. građ.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

Vlaho Akmadžić, izv. prof. dr. sc.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, vlaho.akmadzic@gf.sum.ba

Sažetak: S obzirom na razvoj turizma u priobalnom području, sve češće se pojavljuju zahtjevi za izgradnjom urbanih vila. Stoga se u ovom radu prikazuje konstrukcijski odgovor na projektno rješenje urbane vile smještene u Hrvatskom primorju. Originalni idejni arhitektonski projekt vile djelo je meksičkog arhitekta Elias Rizo i evidentirano je pod nazivom „VR Tapalpa House/Elias Rizo Arquitectos“. Modeliralo se više varijantnih rješenja. Kao konačno optimalno konstrukcijsko rješenje nametnuo se nosivi sustav sastavljen od punostijenog dijela (lijeva lamela) i skeletnog dijela (desna lamela).

Ključne riječi: urbana vila, nosivi sustav, modeliranje

MODELING OF URBAN VILLA STRUCTURE

Abstract: Considering the development of tourism in the coastal area, there are more and more demands for the construction of urban villas. Therefore, this paper presents the structural response for the design solution of an urban villa located in the Croatian coastal area. The original architectural design of the villa is the work of Mexican architect Elias Rizo and is recorded under the name of "VR Tapalpa House / Elias Rizo Arquitectos". Several variant solutions were modeled. A load bearing system consisting of a mixed wall part (left lamella) and a skeleton part (right lamella) suggested itself as the final optimal structural solution.

Keywords: urban villa, load bearing system, modeling

1. Uvod

Činjenica je kako se, s obzirom na razvoj turizma u priobalnom području, sve češće pred građevinske inženjere postavljaju zahtjevi za izgradnjom urbanih vila izazovnijeg dizajna. Za svaki od tih izazova potrebno je pronaći odgovarajući konstrukcijski odgovor. U ovom radu prikazuje se takav odgovor za urbanu vilu smještenu u Hrvatskom primorju. Originalni idejni arhitektonski projekt vile djelo je meksičkog arhitekta Elias Rizo i evidentirano je pod nazivom „VR Tapalpa House / Elias Rizo Arquitectos“ [14], a prikazano je na Slici 1 i Slici 2.



Slika 1. Prikaz desne lamele [14]

Objekt zauzima površinu od 966.5 m². Lijeva lamela sastoji se od dvije etaže, dok se desna lamela sastoji od jedne etaže. S obzirom na raspodjelu prostora lijeva lamela se sastoji od garaže, alatnice u sklopu garaže, četiri spavaće sobe, hodnika, dnevnog boravka i stubišta. S druge strane desna lamela se sastoji od velike blagovaonice, dva dnevna boravka, kuhinje s ostavom i toaleta.



Slika 2. Prikaz lijeve lamele [14]



Slika 3. Prikaz prednjeg pročelja [14]

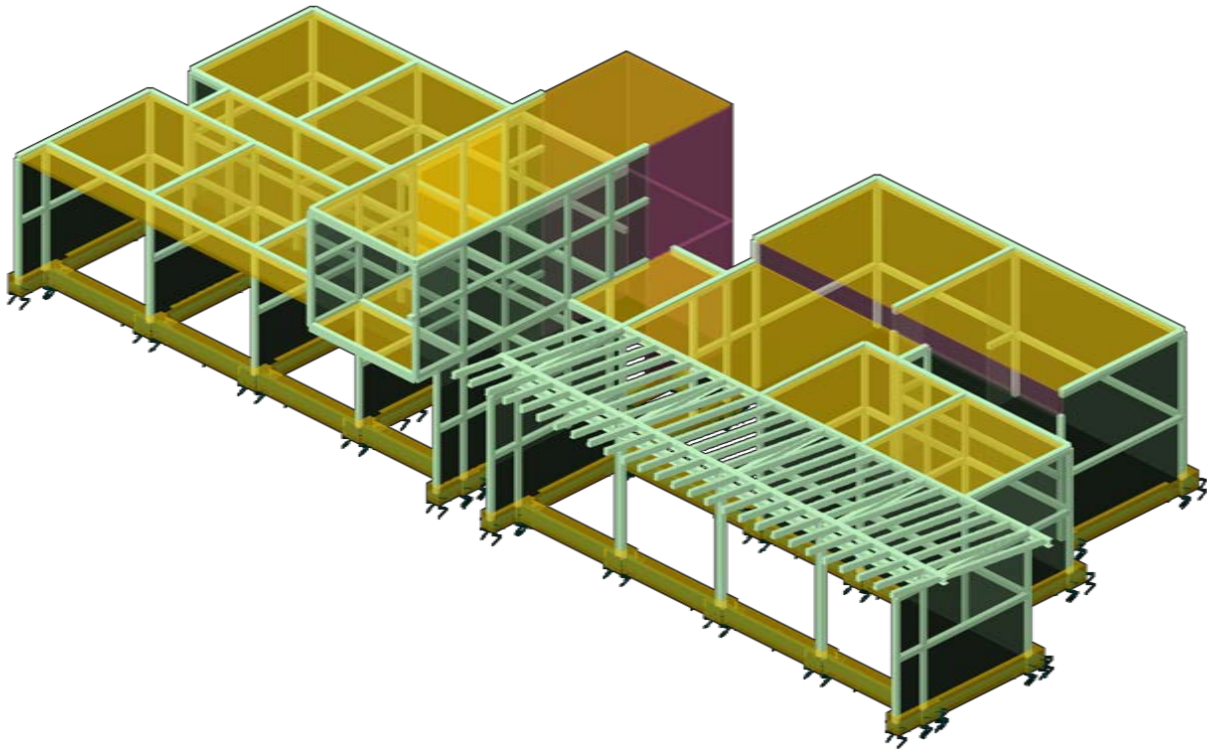


Slika 4. Prikaz stražnjeg pročelja [14]

Objekt je smješten u Hrvatskom primorju na nadmorskoj visini do 100 mn.m. Izložen je djelovanju vjetrova brzine do 30m/s i horizontalnoj pobudi tla karakterističnoj za VIII seizmičku zonu. Analiza opterećenja je napravljena u skladu s europskim normama.

Za potrebe statičkog proračuna napravio se numerički model (Slika 5) korištenjem računalnog programa „Tower7 3D Model Builder“. Prilikom proračuna generiralo se više gustoća mreže konačnih elemenata [10], te se kao optimalna mreža pokazala ona s dimenzijom konačnog elementa jednakom 0,30m. Bitno je istaknuti kako su se koristili programski moduli za dimenzioniranje armiranobetonskih, čeličnih i drvenih elemenata.

Programski paket Tower za modeliranje tla koristi sustav Winklerovih opruga. Za potrebe modeliranja temelja putem Winklerovih opruga zadan je koeficijent reakcije tla u iznosu 10000kN/m^3 [1], [2], [12]. Korišten je beton kvaliteta C30/37, armatura kvaliteta B500B, konstruktivni čelik S235JR, te lamelirano drvo.



Slika 5. 3D prikaz konstrukcije

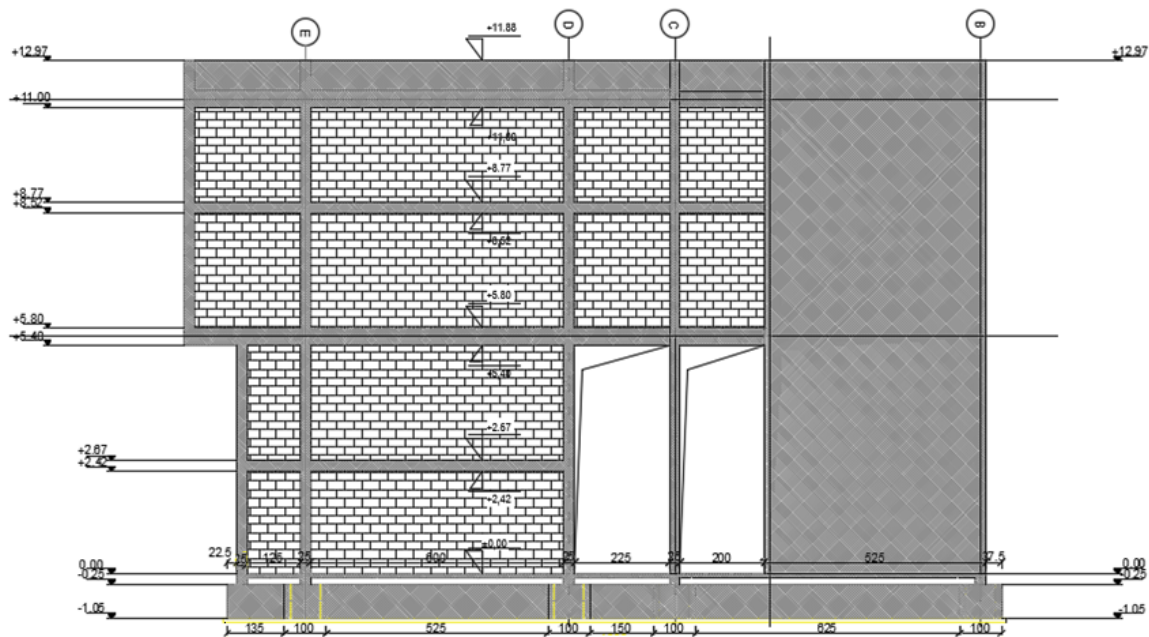
2. Opis elemenata konstrukcije

Vertikalno opterećenje konstrukcije zadano je kao površinsko opterećenje na horizontalne i kose elemente konstrukcije sukladno globalnom koordinatnom sustavu. Međutim, na kosini formiranoj od drvenih greda površinsko opterećenje se konvertiralo na linijsko opterećenje koje se poklapa s geometrijskim položajem drvenih elemenata. U konačnici se ovo opterećenje zajedno s vlastitom težinom elemenata konstrukcije putem vertikalnih elemenata prenosi na trakaste temelje [3], [4].

Dubina smrzavanja, koja za Primorske krajeve iznosi od 40 do 60 cm, zahtijevala je postavljanje temelja na kotu -0.50 m u odnosu na kotu tla. S obzirom da se nalaze u okolišu koji je izložen soli iz zraka, ali nije u dodiru s morskom vodom prema Tehničkim propisima za betonske konstrukcije definirano je da zaštitni sloj u ovom slučaju za temelje iznosi $c = 5.5$ cm.

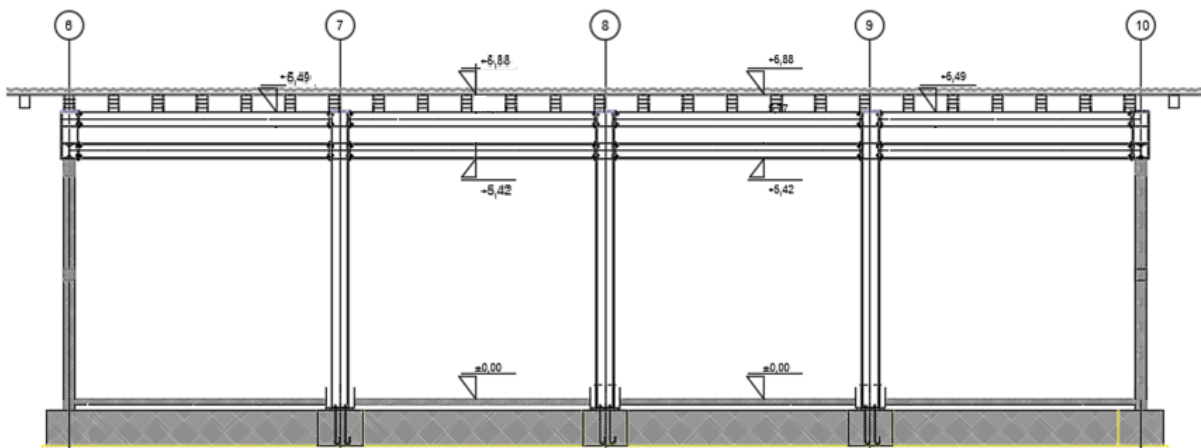
Specifičnost zidanih zidova ove urbane vile ogleda se u tome da su isti obloženi s kamenom, što je imalo za posljedicu usvajanje nešto širih dimenzija temeljnih traka. One su poprečnog presjeka 70x50 cm. Iste su usvojene u cijeloj konstrukciji, s tim da postoje proširenja oko stupova u iznosu od po 15cm sa obje strane temeljne trake. Za potrebe izrade temeljnih traka izvodi se podložni beton debljine 10 cm.

Punostijeni nosivi sustav se sastoji od zidanih zidova debljine 25 cm, armiranobetonskog platna debljine 25 cm, ploče debljine 20 cm, greda dimenzija 25x40 cm, te horizontalnih i vertikalnih serklaža dimenzija 25x25 cm. Zbog velike međukatne visine horizontalni armiranobetonski serklaži postavljeni su na visini od 2.42 m i služe kao ukrute zidanih zidova. Karakterističan okvir prikazan je na Slici 6.



Slika 6. Karakterističan okvir

Skeletni sustav se sastoji od čeličnih okvira [5], [6], [7]. Stupovi okvira su od čeličnih valjanih profila HEA (IPBI) 400 i grede od profila HEA (IPBI) 360, kvaliteta S235JR. Svi elementi čelične konstrukcije zadovoljili su kontrolu na granično stanje nosivosti (naprezanje, stabilnost) i granično stanje uporabljivosti. Karakterističan okvir prikazan je na Slici 7.



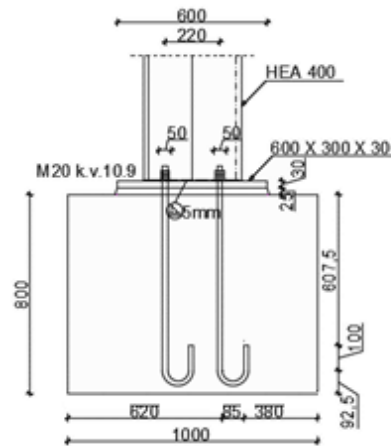
Slika 7. Čelični okvir

3. Spojevi

Objekt je sa konstruktivnog stajališta gledano bio zanimljiv po pitanju povezivanja elemenata konstrukcije sačinjenih od različitih materijala. Prva od takvih veza je spoj između čeličnog stupa i armiranobetonskog temelja. Čelični stup izrađen je od profila HEA 400, a kao što je prikazano na Slici 8, s temeljem je povezan preko ležišne ploče $\neq 600 \times 300 \times 30 \text{ mm}$ s pomoću četiri ankera M20 v.k. 10.9.

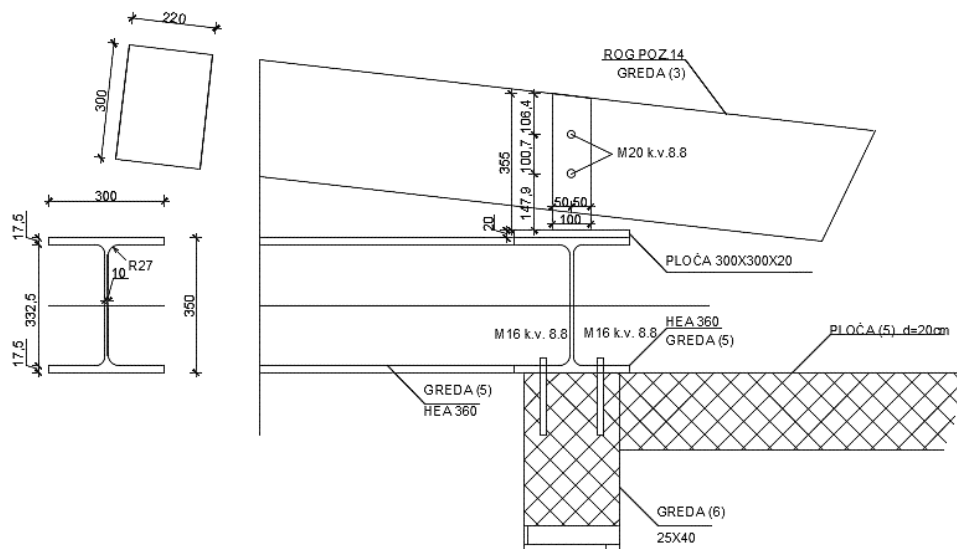


Naravno da je jako teško izvesti idealno ravnu armiranobetonsku podnu ploču i temelje. Iz tog razloga nakon postavljanja čeličnih stupova na isti nivo na cijeloj konstrukciji, ispod pojedinih ležišnih ploča ostaje veći ili manji zazor. Ovaj prostor se naknadno popunjava masom za podlijevanje koja je po pitanju kvaliteta za klasu bolja od betona u temelju.



Slika 8. Spoj čelični stup - temelj

Druga vrsta veza je spoj između drvene grede krovišta, čeličnog profila okvira i armiranobetonske konstrukcije (Slika 9). Kosa drvena greda dimenzija 220x300mm je s čeličnom gredom povezana pomoću čvornog lima $\neq 100 \times 335 \times 10 \text{ mm}$ i vijaka 2M20 v.k.8.8..

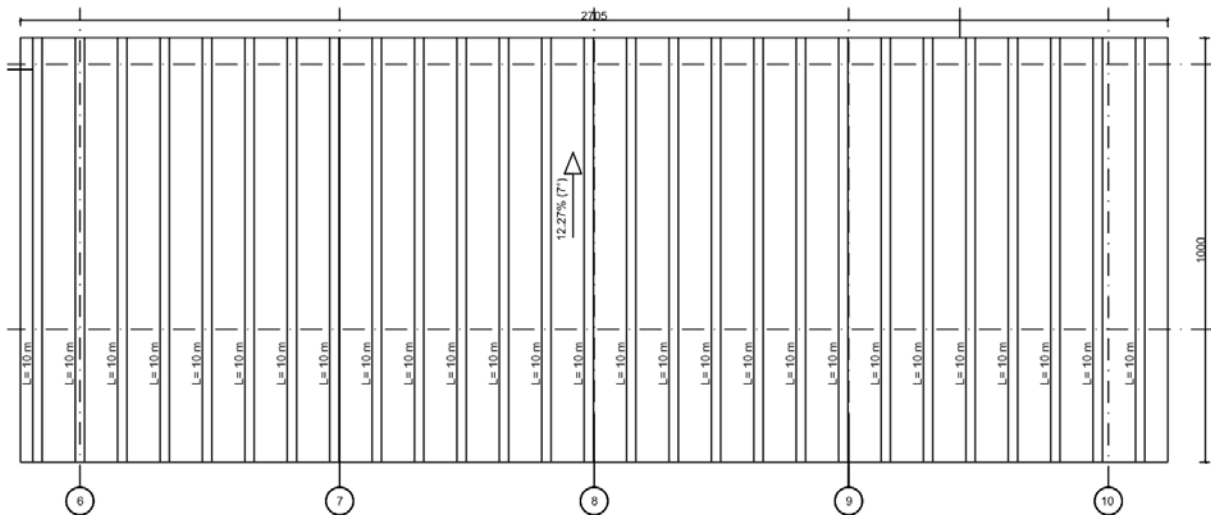


Slika 9. Spoj drvena greda – čelični profil – armiranobetonska konstrukcija

Sam čvorni lim je kutnim varom vezan za čelnu ploču $\neq 300 \times 300 \times 20 \text{ mm}$. Ovo je urađeno iz razloga da se ostavi mogućnost vijčane veze za horizontalnu čeličnu gredu. Za potrebe rada ostalo se na opciji zavarene veze ove ploče i čelične grede. Nadalje, čelične grede na ovom dijelu konstrukcije sastavljene su od profila HEA (IPBI) 360 i međusobno su zavarene. Čelična greda koja se oslanja na armiranobetonsku konstrukciju je s istom povezana putem vijaka M16 k.v.8.8. Bitno je skrenuti pozornost kako se pri izvođenju neće moći postići idealna ravnina armiranobetonske konstrukcije, o čemu je potrebno voditi računa.



Stoga bi ispravniji detalj bio da se na ovom dijelu propiše izravnavanje površine ispod čeličnog profila prije montaže istog na armiranobetonsku konstrukciju. Ili da se, ukoliko ovo nije moguće, predvidi podlijevanje prostora između čelične grede i armiranobetonske konstrukcije. Bitno je istaknuti kako se ova vrsta spojeva javlja samo na skeletnom dijelu (desna lamela), dok je na ostalim dijelovima konstrukcije riječ o klasičnim ravnim krovovima.



Slika 10. Kosi krov

4. Zaključak

U ovom radu željelo se prikazati kako se s razvojem tržišta, u najširem smislu te riječi, pred inženjere postavljaju sve kompleksniji zadaci. Za rješavanje tih zadataka potrebno je poznavanje materije i alata [8]. U slučaju modeliranja konstrukcija kompleksni zadaci neminovno vode izradi većeg broja varijantnih numeričkih modela. Nakon detaljnije analize kao rješenje se nameće ona varijanta koja najvjernije i najoptimalnije opisuje i rješava projektni zadatak.

I u iznesenim primjeru također se analiziralo više numeričkih modela predmetnog objekta, ali se zbog ograničenosti prostora u radu izložila samo konačna varijanta. Primjera radi istaknut će se jedna od značajnijih dvojbi pri modeliranju lijeve lamele. Arhitektonski zahtjev je bio da međukatna ploča izgleda kao konstrukcija od masivnih drvenih greda preko kojih je izvedena armiranobetonska ploča. Kao logičan izbor nametnula se spregnuta konstrukcija drvo – beton. Međutim, s obzirom na to kako se nije radilo o rekonstrukciji nego o izgradnji novog objekta, svi pokazatelji su išli na stranu armiranobetonske ploče. Prevagnula je činjenica da u slučaju redizajna interijera, armiranobetonska ploča daje dizajneru veću slobodu.

S druge strane pri analizi desne lamele sam arhitektonski koncept je bio na strani čelične konstrukcije. Naime, varijanta numeričkog modela koja je razmatrala montažne armiranobetonske elemente dala je znatno veće dimenzije koje bi se teško uklopile u ovaj arhitektonski koncept.



5. Literatura

1. Akmadzic V., Vrdoljak A., Ramljak D., Influence of the subgrade reaction coefficient modelling on the simple 3D frame, Proceedings of the 29th International DAAAM Symposium, Katalinic, B.(Ed.). 2018.
2. Akmadzic V., Vrdoljak A., *Determination of the soil coefficient reaction value—software solution*, e-Zbornik: Electronic collection of papers of the Faculty of Civil Engineering, Vol. 8, No. 15, 2018, pp. 22-29, ISSN 2232-9080.
3. Akmadzic V., Vrdoljak A., *Influence of soil reaction coefficient on 2D steel frame behavior*, 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies ESaT2018, High Tatras Mountains, Slovak Republic, 2018.
4. Akmadzic V., Vrdoljak A., *Behavior of the 2D frames for different approach to soil modelling*, Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018.
5. Androić; B., Dumović; D., Džeba, I., *Metalne konstrukcije 1*, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1994.
6. Androić; B., Dumović; D., Džeba, I., *Metalne konstrukcije 2*, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1994.
7. Androić; B., Dumović; D., Džeba, I., *Metalne konstrukcije 3*, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1994.
8. Mihanović A., Trogrlić B., Akmadžić V., *Građevna statika II.*, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, 2014.
9. Prskalo M., Akmadzic V., Colak I., *Numerical modelling of raft foundations*, Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium, Zadar, Croatia, ISSN 1726-9679, ISBN 978-3-901509-73-5, Katalinic, B. (Ed.), 2010. pp. 0851-0852.
10. Ramljak D., Akmadzic V., *The influence of the mesh density and concrete quality on the results accuracy in thin plates*, XVIII Anniversary International Scientific Conference by Construction and Architecture VSU'2018, Sofia, 2018, Volume 1, pp.341-350.
11. Smoljanović H., Balić I., Trogrlić B., *Stability of regular stone walls under in-plane seismic loading*, Acta mechanica, June 2015, Volume 226, Issue 6, pp. 1881–1896.
12. Vrdoljak A., Akmadzic V., *Improvement of students' engineering skills in numerical modelling of the structural systems*, Proceedings of the 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, University of East Sarajevo, Faculty of Electrical Engineering, Jahorina, RS, B&H, March 20–22, 2019.
13. Zovkić J., *Drvene konstrukcije I*, Građevinski fakultet Osijek, 2015.
14. <https://www.archdaily.com/476582/vr-tapalpa-house-elias-rizo-arquitectos/52fc461ce8e44e3cd0000057-vr-tapalpa-house-elias-rizo-arquitectos-photo>