

PRIMENA PERFORIRANIH BRISOLEJA ZA SMANJENJE INSOLACIJE NA FASADAMA**THE USE OF PERFORATED BRISE SOLEIL TO DECREASE FACADE INSOLATION**

Aleksandra Tomić, Ivana Bajšanski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ARHITEKTURA

Kratak sadržaj – U ovom radu analizirani su tipovi, svojstva i značaj brisoleja, kao arhitektonskog elementa, sa ciljem smanjenja insolacije na fasadama. Pored toga, ovaj rad stavlja akcenat na značaj primene digitalnog i parametarskog dizajna u arhitekturi. Istraživanje obuhvata kreiranje izgleda brisoleja primenom parametarskog dizajna, primenu na konkretnom primeru, sprovođenje niza simulacija i analizu i upoređivanje rezultata. Dobijeni rezultati pokazuju da primena brisoleja značajno utiče na smanjenje insolacije, a primena digitalnog dizajna nudi mogućnost variranja velikog broja parametara.

Ključne reči: Staklene fasade, zaštita fasade, brisoleji, insolacija

Abstract – This paper analyzes types, properties and importance of brise soleil, as architectural element, in order to decrease insolation on facades. Besides that, this paper emphasizes the importance of applying digital design in architecture. The research includes the creation of a brise soleil using parametric design, its application on a chosen facade, a series of simulations and the analysis and comparison of the results. Final results show that the use of brise soleil significantly affects the decreasing of insolation, and that the use of digital design offers the possibility of varying a large number of parameters.

Keywords: Glass facades, Facade protection, Brise soleil, Insolation

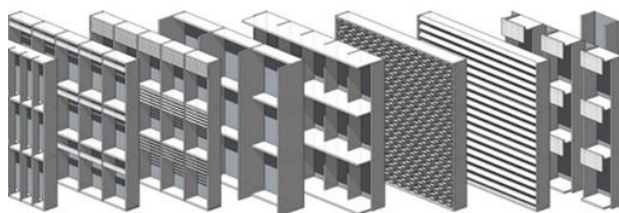
1. UVOD

Zgrade predstavljaju mnogo više od običnog prostora – to su objekti u kojima provodimo veliki deo vremena, nevezano da li je reč o stambenom ili poslovnom prostoru. S toga je cilj da boravak u njima bude maksimalno prijatan, stimulišuć i komforan. Iz toga su vremenom postale zastupljene zgrade, čiji je veliki deo u staklu, povezujući na taj način spoljašnji i unutrašnji prostor, omogućavajući veliki prodor prirodne svetlosti i ostavljanja utiska prirodnog okruženja [1]. Sa druge strane, to često dovodi do toga, da fasade zgrada na osunčanim stranama, primaju veliku količinu direktnog sunčevog zračenja i onda dolazi do pregrevanja prostorija i postavlja se pitanje koji je najbolji način to smanjiti.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je biladr Ivana Bajšanski, vanr. prof.

U ranim 1930-im jedno od rešenja nudi švajcarski arhitekta Le Korbizje, u vidu elementa fasade Ministrastva edukacije i zdravlja u Brazilu – brisoleja. Naziv brisolej francuskog je porekla i u bukvalnom prevodu znači „slo-miti sunce“ [2]. Brisoleji suštinski predstavljaju ploče, koje su nakačene na fasadu ili su deo nje, tako da svojom površinom apsorbiraju i reflektuju deo sunčevih zraka, a u isto vreme dozvoljavaju prodor određene količine sunčeve svetlosti i toplote. Njihova uloga jeste blokiranje prekomernih sunčevih zraka i smanjenje insolacije nekog prostora, uz povećanje energetske efikasnosti i održivosti. Sam izgled brisoleja može dosta varirati. U odnosu na orijentaciju razlikuju se uglavnom dva tipa – horizontalni i vertikalni, međutim u današnje vreme dobijaju sve slobodniju formu i izgled (slika 1).



Slika 1. Različiti izgledi brisoleja

Razvoj digitalnog i parametarskog dizajna u arhitekturi omogućio je kreiranje veoma maštovitih izgleda ploča brisoleja, pa se na tim pločama mogu uočiti raznolike perforacije, nove forme i oblici, tako da prate dizajn zgrada i ne narušavaju modernizam današnjih fasada.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Nakon istražene literature uočeno je da ne postoji unapred predviđeno i najbolje rešenje za smanjenje osunčanosti staklenih fasada, a najveći problem je pronaći odgovarajući balans zaštite prostora od prekomerne osunčanosti i toplote, pogotovo u letnjem periodu, ali i omogućavanje prodora potrebne količine svetlosti u taj prostor.

Brisoleji, kao jedno od rešenja, nude širok spektar varijacija – od veličine, orijentacije, preko položaja, mogućnosti rotacije do raznolikog dizajna. S toga je cilj istraživanja smanjenje osunčanosti na staklenim fasadama tokom letnjeg perioda u toku radnog vremena, upotrebom brisoleja, istražujući mogućnosti tih varijacija. Te varijacije se pre svega odnose na promenu orijentacije, ugla zarotiranosti i dodavanje perforacija/otvora, promeni rasporeda i gustine tih otvora, tako da istovremeno smanjuju insolaciju, ali i dopuštaju potrebnoj količini prirodne svetlosti i toplote da dođe do prostorija.

Takođe, uvedena je i parametarska kontrola varijacija, kako bi se proces pronalaska optimalnog rešenja ubrzao i istakao doprinos parametarskog dizajna u arhitekturi. Parametarski dizajn se pokazao kao dobar način za efikasno sprovođenje niza simulacija na pločama brisoleja i dolaženje do adekvatnog rešenja.

3. METODE KORIŠĆENE U ISTRAŽIVANJU

Na osnovu definisanog cilja istraživanja, odabrana je metoda parametarskog modelovanja brisoleja, kako bi se omogućilo raznoliko testiranje varijacija u njihovom izgledu i funkcionalosti.

3.1. Korišćeni softveri

Kako bi istraživanje bilo što efikasnije i praktičnije, za potrebe ovog rada, izabran je softver **Rhinoceros**, poznat kao **Rhino**. On predstavlja program, koji se koristi u računarskoj grafici, za potrebe 3D modelovanja u velikom broju oblasti, od arhitekture i umetnosti do industrijskog dizajna i inženjerstva, a zasniva se na **NURBS** matematičkom modelu, odnosno na preciznoj matematičkoj reprezentaciji *freeform* modela pomoću krivih [3].

Grasshopper predstavlja, sada već integrisani, alat unutar **Rhinoceros**-a, koji se bazira na sistemu vizeulnog programiranja. Komponentne sa kojima radi jesu one koje se mogu naći i u okviru **Rhinoceros**-a (primitivi, modifikatori, različite operacije nad modelima, komponente za grafički prikaz itd.), pri čemu je najbitnija razlika u tome da **Grasshopper** pruža mogućnost parametrizacije i automatizacije procesa modelovanja. Na taj način se ubrzava i nudi veći stepen isprobavanja varijacija pri radu. U njega je moguće ubaciti dodatne pakete jednostavnim instalacijom, koji nude mogućnost rada sa još novih komponenti. U slučaju merenja insolacije, potreban paket je **Ladybug Tool**, koji nudi mogućnost učitavanja i rada sa klimatskim fajlovima, analizu različitih parametara Sunca, očitavanje rezultata simulacija u vidu kvantitativne mere osunčanosti, ali i vizuelnog prikaza na samim modelima u skladu sa definisanom skalom i sl. [4].

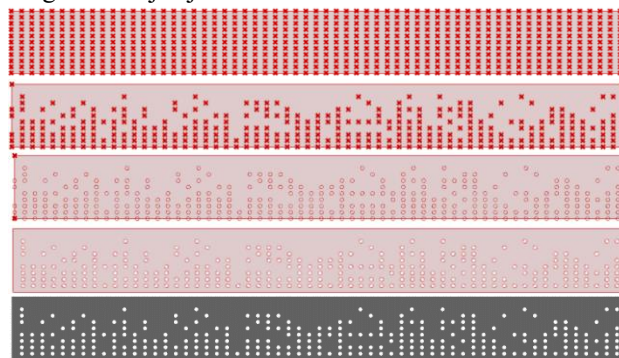
3.2. Opis definicije

Glavni izazov prilikom kreiranja izgleda brisoleja u ovom istraživanju bio je zadržati standardni oblik ploče, ali praviti varijacije u broju, veličini i rasporedu perforacija i omogućiti zarotiranost ploče brisoleja, a u isto vreme zadržati dovoljnu jednostavnost oblika jer što je složenost oblika rasla, vreme trajanja simulacije znatno bi se povećalo, a za kvalitetnu analizu potrebno je porediti rezultate što većeg broja simulacija.

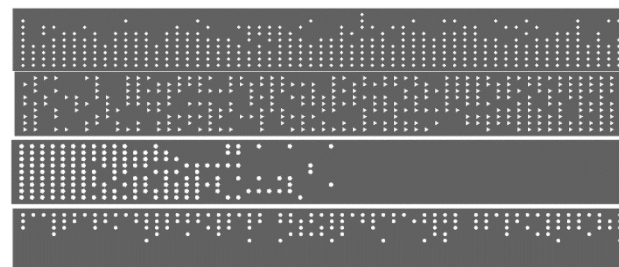
Logika kreiranja izgleda brisoleja je sledeća. Najpre je kreiran pravougaonik (komponenta *Rectangle*), koji definiše oblik i dimenzije ploče i moguće je menjati njegovu širinu i dužinu. Izdvojena je svaka od ivica pravougaonika (*Deconstruct Brep* i *List Item*), tako da može imati ulogu atraktora, odnosno elementa, u odnosu na koji će se vršiti promene gustine i rasporeda otvora. Na površini ploče kreiran je set tačaka (*Divide Surface*), koji će predstavljati centre budućih otvora i proračunata je distanca između tih tačaka i atraktora (*Curve Closest*

Point), jer će to biti kriterijum, na osnovu kojeg će se tačke sortirati (*Sort*) i određene eliminisati.

Tačke su zatim nasumično odabrane (*Jitter*) i izbačene u određenom domenu (*SubSet List*). Preostale tačke postaju centri kružnica (*Circle*) i moguće je menjati radijus tih kružnih otvora. Nakon toga se pravi presek početne geometrije ploče (*Surface*) sa kreiranim krugovima (*Brep/Curve*), a umesto krugova moguće je postaviti i poligonalne otvore (*Polygon*), pa napraviti presek sa njima. Na kraju se vrši spajanje geometrije (*Merge*) i zadavanje debljine ploče (*Extrude*), a takođe je omogućeno i rotiranje same ploče (*Rotate*). Sve moguće promene – dimenzije ploče, odabir atraktora, raspored, gustinu, dispoziciju otvora, izbor tačaka za eliminaciju, radijus krugova, broj ivica i veličinu poligonalnih otvora, kao i vrednost ugla zarotiranosti moguće je menjati jer su predstavljeni u vidu numeručko promenljivih parametara i jednostavnom promenom tih vrednosti moguće je dobiti veoma različite varijacije u izgledu brisoleja. Proces kreiranja izgleda brisoleja prikazan je na slici 2, a neke od mogućih varijacija na slici 3.



Slika 2. Kreiranje izgleda brisoleja

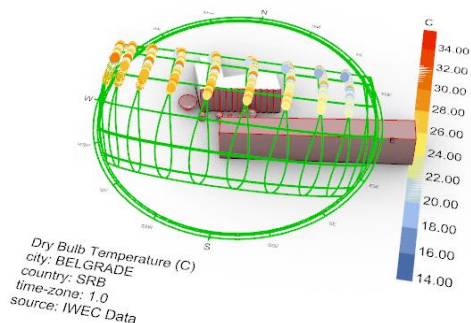


Slika 3. Varijacije izgleda brisoleja

3.3. Merenje insolacije

Prilikom merenja insolacije nekog područja, potrebno je podestiti određene vremenske i klimatske karakteristike za analiziranu situaciju. **LadyBug Tool** je alat unutar kojeg postoje sve potrebne komponentne za podešavanje klimatskih fajlova, parametara Sunca i ostalih faktora, koji utiču na vrednost osunčanosti, koja predstavlja rezultat analize. Merenje insolacije i kompletno sprovođenje simulacija izvedeno je unutar **Grasshopper**-a, gde je najpre učitani klimatski fajl (komponenta *ImportEPW*), čije izlazne komponente predstavljaju bitne faktore, kao što su vlažnost vazduha, brzina i pravac vetra, intenziteti različitih tipova radijacije, iluminacija, pritisak itd. Kada se opisani parametri očitaju, dalje se koriste kao ulaz za sledeću komponentu *SunPath*, u okviru koje se zatim definiše period vršenja analize, koji obuhvata mesec jun, jul i avgust u periodu 08-16h jer su

to najtopliji meseci u godini sa najvećim brojem osunčanih sati, pa je glavni cilj smanjiti osunčanost upravo u tom periodu. Pored toga, nudi mogućnost grafičkog prikaza položaja, perioda i pravca Sunčevih zraka za definisane parametre analize (slika 4). Dalje je potrebno definisati geometriju koja se analizira, geometriju koja baca senku na analizirani objekat, kao i veličinu ćelije za analizu, koja direktno utiče na grafički i numerički rezultat (*DirectSunHours*). Nakon podešenih parametara, analizu je potrebno pokrenuti na dugme u okviru *DirectSunHours* komponente.



Slika 4. Grafički prikaz položaja i pravca sunčevih zraka

3.4. Očitavanje rezultata

Na kraju svake analize, kao rezultat dobijaju se vrednosti u vidu osunčanih sati ili kilovat-časova po metru kvadratnom (kWh/m²). Za analizu rezultata ovog istraživanja odabrano je poređenje vrednosti u vidu prosečnog broja osunčanih sati. Najpre se, nakon izvršenja analize, dobija osunčanost u toku svakog sata u okviru perioda analize, zatim se izračuna ukupan broj osunčanih sati, kao zbir svih tih pojedinačnih vrednosti, pa se ta vrednost deli sa brojem ćelija u gridu i kao finalni rezultat dobija se prosečan broj osunčanih sati. Pored ovih brojčanih vrednosti, moguće je videti i grafičke rezultate na analiziranom modelu unutar *Rhino*-a, prikazanom po skali na slici 4, gde plave vrednosti predstavljaju delove sa manjom osunčanošću, a kako boja prelazi ka crvenoj, insolacija raste. Iako su vizuelno uočljive, ove promene je dosta preciznije pratiti kroz promenu brojčanih vrednosti. Da bi rezultat analize bio što više validan i ispravan, potrebno je sprovesti što veći broj simulacija, sa različitom postavkom modela i vrednostima parametara, pa dobijene vrednosti uporediti međusobno, kao i sa početnim stanjem, pa zaključiti da li je postavka brisoleja zaista doprinela smanjenju insolacije na nekoj fasadi.

4. REZULTATI

Kako bi se kreirani kodovi ispitali i kako bi se analizirali rezultati, koji se pomoću njih dobijaju, potrebno je primeniti ih na konkretnom slučaju, pa dobijene rezultate uporediti sa postojećim stanjem i međusobno.

4.1. Opis situacije

Za dobru analizu potrebno je verodostojno prikazati model i poziciju zgrade na kojoj se simulacije vrše, pa je pored izgleda, koje nudi pristup onlajn mapama, iz praktičnih razloga dobro ukoliko postoji mogućnost da situacija može da se prouči i uživo. Iz opisanih razloga zgrada, koja je odabrana za analizu jeste zgrada u ulici Novosadskog sajma, br. 18, u Novom Sadu.

Čitava fasada, okrenuta ka ulici Novosadskog sajma, biva izložena direktnoj sunčevoj svetlosti u toku većeg dela dana. S obzirom da je većinski deo unutrašnjeg prostora zgrade kancelarijski prostor, boravak i rad u kancelarijama otežan je usled prevelikog zagrevanja i osunčanosti.

4.2. Modelovanje i postavka scene

Da bi se sprovele analize, potrebno je kreirati 3D model odabrane situacije, koja obuhvata staklenu fasadu, ali i okolne zgrade i drveće, koji mogu da utiču na vrednost insolacije pri merenju. Potrebni modeli kreirani su direktnim modelovanjem unutar *Rhinoceros*-a (slika 5), sa što jednostavnijom formom tako da prate oblik zgrada izvučen iz onlajn mapa, usled uslova koje nameće proces simulacije, koji biva znatno otežan ukoliko su modeli kompleksni.



Slika 5. Postavka scene

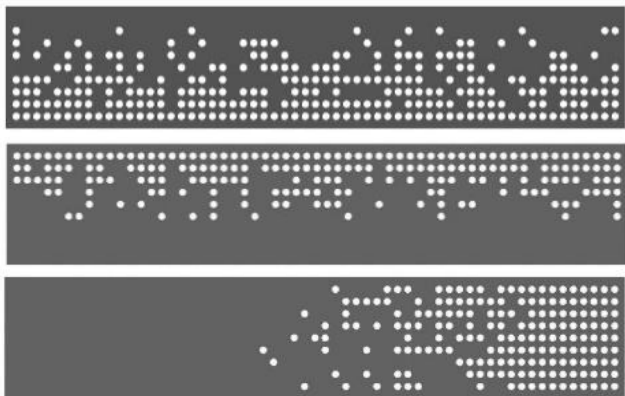
4.3. Sprovođenje analiza i upoređivanje rezultata

Kada su modeli pripremljeni, neophodno je njihovu geometriju povezati sa kodom u *Grasshopper*-u, odnosno dodeliti ih kao potrebne atribute. Nakon toga moguće je pokrenuti analize. Najpre je sprovedena simulacija postojećeg stanja, kako bi se dobio rezultat osunčanosti takve situacije, pa se on dalje mogao porediti sa novonastalim situacijama. Za period analize jun-avgust 08-16h, dobijena je vrednost insolacije od 550.315 osunčanih sati. Zatim su postavljeni brisoleji sa različitim tipovima varijacija. Veličina ploča i razmak među njima je isti, a tip brisoleja, distribucija otvora i ugao zarotiranosti se menjaju. Tip brisoleja odnosi se na njegovu orijentaciju - horizontalni i vertikalni. Otvori su kružnog oblika, istog radijusa, postavljeni u odnosu na ivice ploče, koje predstavljaju atraktore, u odnosu na koje će se menjati distribucija perforacija. Analizirana su tri ugla zarotiranosti, od 25, 30 i 45 stepeni u odnosu na ugao upadnog zraka sunčeve svetlosti. Testirano je 16 tipova brisoleja, sa 3 različita ugla (48 modela - prvih 24 horizontalnih, a preostalih 24 vertikalnih, sa različitim distribucijom otvora).



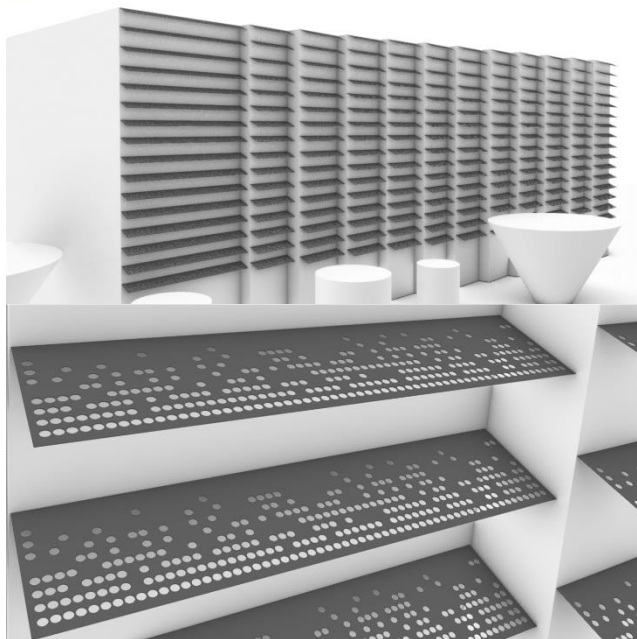
Posmatrajući grafik lako se može doći do zaključka da horizontalni brisoleji znatno više smanjuju insolaciju od vertikalnih, ali to ne umanjuje ni uticaj vertikalnih, koji vrednost insolacije prepolove. Ako bi izvojili prvih nekoliko najboljih rešenja (model 1, model 10 i model 22) i međusobno ih poredili, uzevši u obzir da daju veoma bliske vrednosti, može se uočiti da nema određenog

obrasca osim orijentacije – atraktori su potpuno različite ivice, a distribucija/gustina otvora se razlikuje (slika 6).



Slika 6. Rešenja sa najboljim rezultatima

Nakon toga testiran je i oblik otvora na modelu 1, kao rešenju koje najviše smanjuje insolaciju (na 65.9904 osunčanih sati), pri čemu su upoređeni kružni, trouglasti i četvorougao ni otvori približno istih veličina. Rezultati pokazuju da su kružni otvori najbolje rešenje, a finalni model moguće je videti na slici 7.



Slika 7. 3D prikaz najboljeg rešenja

Kada se uporedi značaj varijacija, po njihovom uticaju na rezultate, uočljivo je da orijentacija brisoleja najviše utiče zatim ugao zarotiranosti, pa na kraju gustina perforacija.

5. ZAKLJUČAK

U današnje doba velikih klimatskih promena i pre svega problema zagrevanja, neretko se primenjuju tehnike u arhitekturi i urbanizmu, koje su pogodne i sa ekološkog i klimatskog stanovišta. Od svoje pojave u arhitekturi, brisoleji su element, kome se sve više pridaje pažnja, sa akcentom na njihovu primenu u skladu sa energetske m i održivim značajem.

Iako ovo istraživanje primenjuje variranje velikog broja parametara, nije ih bilo moguće sve objediniti u okviru jednog rada. Kako je sama analiza ograničena, u smislu resursa i vremena, naravno nije bilo moguće sprovesti varijaciju svih parametara u velikom broju.

Neki parametri su iz tog razloga ostali fiksirani, ali mogu se dalje analizirati u budućim istraživanjima. Veličina ploče brisoleja može se menjati u skladu sa analiziranom situacijom i fasadom, zatim veličina otvora, oblici otvora i njihova distribucija, pa se time može uvesti još veća raznolikost oblika. Dalje se može razmišljati o tome da li bi rezultati, koji su optimalni u letnjem periodu, bili takođe optimalni u zimskom periodu ili bi možda najbolje rešenje leti oduzimalo previše prirodne svetlosti i toplote zimi, pa bi neko drugo rešenje davalo bolje rezultate. Simulacije se dalje mogu sprovesti na analizi unutrašnjeg termalnog komfora, pa tako objediniti analizu iz ovog rada sa njom i u tom slučaju dobiti i rezultate, koji ukazuju na to kako bi postavka brisoleja uticala direktno na komfor ljudi, koji u analiziranom prostoru borave. Bitan faktor može biti i izbor materijala za izradu brisoleja, mada se za potrebe izrade ploče brisoleja uglavnom primenjuju aluminijum, razne vrste čelika (nerđajući, pocinkovani) i beton, zbog stabilnosti i čvrstine konstrukcije, nevezano da li je deo fasade ili se naknadno dodaje. Pored toga, mogu se praviti i od drugih materijala, kao što su drvo, pa čak i bambus ili neke vrste obojenih ili teksturisanih stakala.

Krajnji ishod ovog istraživanja jeste da istovremeno daje rezultate primenjenih metoda i načina sprovođenja na konkretnom primeru, sa velikim brojem varijacija, uz stavljanje akcenta na značaj parametrizacije i savremenih tehnika u arhitekturi, ali takođe ostavlja dosta prostora za dalji razvoj i primenu na mnogim drugim modelima i u druge svrhe i mogućnost daljeg razvijanja ovog rada. Proces automatizacije, parametrizacije i primena digitalnih metoda kroz vizuelno kodiranje pokazuje da je čitav proces planiranja, kreiranja, testiranja i analiziranja moguće znatno ubrzati, učiniti efikasnim, pri čemu se i dalje zadržava koncept kreativnosti. Primena navedenih benefita na primeru kreiranja i isprobavanju različitih tipova brisoleja itekako je uočljiva – umesto višecasnog modelovanja i vršenja izmena, kodiranjem je bilo moguće menjati veliki broj parametara.

6. LITERATURA

[1] Al Touma, A., Ouahrani, D., 2017 Shading and daylighting controls energy savings in offices with fully-Glazed façades in hot climates, Energy and Buildings, 151, pp. 263-274

[2] Choi, S., 2016, Light Studies: 7 Structures That Brilliantly Use Brise-Soleil

[3] Wikipedia, 2023, Rhinoceros 3D, , https://en.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D#References

[4] Food4Rhino, 2016, Ladybug Tools, <https://www.food4rhino.com/en/app/ladybug-tools>

Kratka biografija:



Aleksandra Tomić rođena je u Jagodini 1999. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitektura – Arhitektonska vizualizacija i simulacije, odbranila je u septembru 2023. godine. kontakt: aleksandra17tomic@gmail.com