

Примена параметарских алата у пројектовању самоодрживих павиљона у урбаним парковским срединама

The application of parametric tools in the design of self-sustaining pavilions in urban park environments

Ива Ћопић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – У овом раду истражује се могућност примене параметарских симулација у пројектовању самоодрживих павиљона у урбаним парковским просторима са фокусом на Парк Нови у Новом Саду.

Кључне речи (три до пет): Урбанизам, инсолација, павиљони, спољашњи термални комфор.

Abstract – *This paper explores the potential application of parametric simulations in the design of self-sustaining pavilions within urban park spaces, with a specific focus on Park Novi in Novi Sad.*

Keywords: (three to five): urbanism, insolation, pavilions, outdoor thermal comfort

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Ивана Бајшански, ред. проф.

1. УВОД

У условима убрзане урбанизације и климатских промена, отворени јавни простори све чешће се суочавају са проблемом микроклиматског прегревања. Нагомилавање бетонских и асфалтних површина, смањено присуство вегетације и недовољна природна вентилација доводе до формирања урбаних топлотних острва, што негативно утиче на термални комфор и квалитет боравка у парковима током летњих месеци. Због тога смањење осунчаности и обезбеђивање адекватне хладовине постају важан задатак савремене архитектонске праксе. У том контексту, самоодрживи монтажано-демонтажни павиљони представљају флексибилан и одржив одговор на климатске изазове, јер као привремене микроструктуре активно доприносе побољшању микроклиме и функционалности урбаног простора.

2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ истраживања јесте да се, кроз параметарски приступ пројектовању и симулацију инсолације, дефинише оптималан нагиб кровне површине која функционише као соларни панел. Анализом

различитих положаја и углова крова биће одређени они који максимизују количину прикупљене соларне енергије, а истовремено минимизују инсолацију партерних површина стварањем оптималне зоне сенке.

3. МЕТОД РАДА И ДОМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

Методологија обухвата аналитичко-истраживачки и експериментално-пројектантски приступ, укључујући анализу постојећег стања и климатских података (EPW, Ladybug), параметризацију павиљона у Grasshopper-у, симулације инсолације, соларног добитка и термалног комфора. Рад демонстрира потенцијал параметарски управљаног, самоодрживог дизајна као одговора на урбане климатске изазове.

3.1. Коришћени софтвери

За мерење инсолације у мастер раду коришћени су Rhinoceros 3D и Grasshopper за параметарско моделовање, што омогућава брзе измене и тестирање варијанти. Ladybug Tools се користи за учитавање климатских података, анализу кретања Сунца и визуелизацију резултата директно на 3D моделу.

3.2. Опис дефиниције

Прва анализа у Ladybug Tools утврђује најосунчаније делове парка учитавањем .epw фајла (ImportEPW) и визуелизацијом путање сунца (SunPath) за јул од 11:00 до 16:00 (AnalysisPeriod). Компонента DirectSunHours користи се за дефинисање сенки и анализираних површина како би се добили коначни резултати.

4. КОНТЕКСТ И ТЕОРИЈСКИ ОКВИР

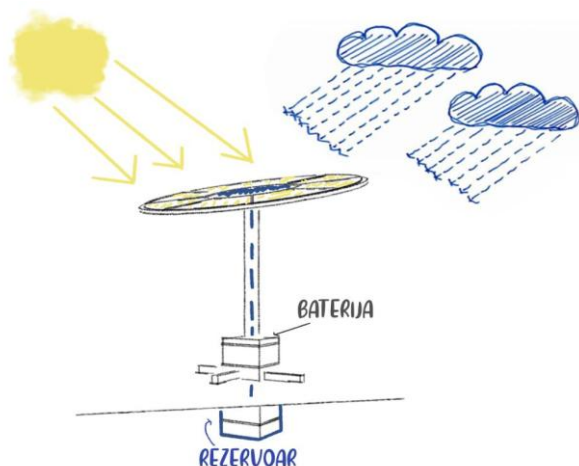
Климатске промене данас представљају један од најважнијих глобалних изазова који директно утичу на начин на који пројектујемо, користимо и доживљавамо простор. Пораст глобалне температуре, екстремне временске појаве и све дужи периоди врелих дана у урбаним срединама довели су до појаве урбаних топлотних острва-феномена у којем су температуре у градским подручјима значајно више

него у околним руралним пределима. Овај ефекат последица је накупљања топлоте у материјалима високог топлотног капацитета, као што су асфалт, бетон и камен, који акумулирају енергију током дана и ослобађају је током ноћи.

4.1. Самоодржива архитектура и мали павиљони

Самоодржива архитектура подразумева активну улогу објекта у еколошком циклусу кроз рационално коришћење енергије, воде и материјала и интеграцију природних система у пројектовање. Код мањих архитектонских интервенција, као што су павиљони, самоодрживост се остварује применом пасивних и активних принципа, попут оптималне оријентације, природне вентилације, соларних панела, прикупљања кишнице и зелених површина. Павиљон је замишљен као самостална самоодржива јединица која производи енергију, побољшава микроклиму и унапређује квалитет боравка у парку, са једноставном монтажном конструкцијом у облику „печурке“, састављеном од капе и стабла.

4.2. 'Печурка павиљон'



Слика 1. Печурка павиљон

Парк Нови је простор одржавања бројних сезонских манифестација, због чега је павиљон замишљен као лагана, преносива и монтажном-демонтажна структура која не омета коришћење парка. Конструкција је предвиђена од лаког челика или алуминијума, изабраног због трајности, могућности рециклаже и ниске емисије CO₂. Централни цилиндрични стуб садржи резервоар за воду и инсталације соларног система, док је кровна плоча опремљена фотонапонским панелима са оптималним нагибом одређеним параметарском анализом инсолације. Вода се сакупља преко скривених олука и користи за наводњавање зеленила, чиме се обезбеђује локално и самоодрживо управљање ресурсима.

5. ЛОКАЦИЈА: ПАРК НОВИ, НОВИ САД

Парк Нови налази се у јужном делу Новог Сада, у оквиру зоне Новог насеља, у подручју израженог

ефекта урбаног топлотног острва услед повећане изграђености и недостатка високог зеленила. У непосредној близини налазе се значајне саобраћајнице, што додатно утиче на микроклиматске услове. Парк је високо фреквентан јавни простор са различитим садржајима, попут дејчег игралишта и простора за рекреацију. Иако обухвата велике зелене површине, због младих садница током летњих месеци делови парка остају изложени директном сунчевом зрачењу, што указује на потребу за увођењем монтажном-демонтажних павиљона ради обезбеђивања хлада, производње електричне енергије и унапређења микроклиматских услова.

5.1. Просторна и микроклиматска анализа

Парк Нови карактеришу широке травнате површине, стазе и млада група дрвећа која пружа само делимичну сенку. Анализа кретања корисника и постојећег урбаног мобилијара показује да су клупе, лежальке и перголе највећим делом изложени сунцу. Сунчева експозиција (Ladybug Tools) показује да централни делови парка у јулу примају 5–6 сати директног сунца, док ивице са постојећим дрвећем имају 3–5 сати..

5.2. Одабир микролокације

Потенцијалне локације павиљона одређене су анализом инсолације и простора парка, укључујући централне травнате површине без сенке, зоне дуж фреквентних стаза и раскрснице главних пешачких токова. Ови простори служе као основа за параметарску оптимизацију павиљона и положаја соларних панела.

6. РЕЗУЛТАТИ

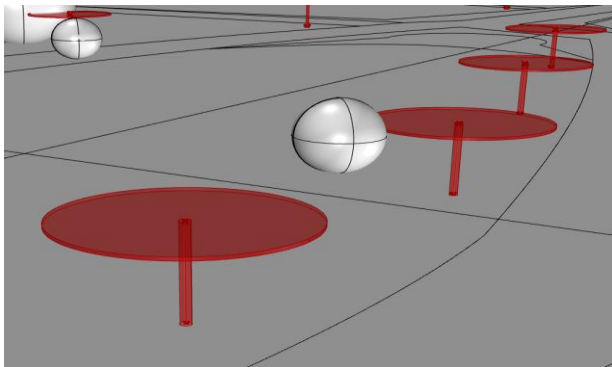
Анализом простора Парка Нови утврђено је да централне зоне током летњих месеци трпе изражену изложеност сунчевом зрачењу и недостатак природне сенке, што доводи до смањеног термалног комфора корисника. У том контексту, увођење самоодрживих павиљона са соларним панелима и системом за сакупљање кишнице представља оправдано решење за побољшање микроклиматских услова, смањење потрошње ресурса и унапређење квалитета боравка у парку.

6.1. Моделовање и поставка сцене

За почетак анализе израђен је 3Д модел одабране локације - Парка Нови у Новом Саду. Модел парка је, за разлику од параметарски генерисаних павиљона, креиран директно у софтверу Rhinoceros, на основу цртежа у размери 1:1 израђеног у AutoCAD-у, који је настао коришћењем геопросторних података са портала ГеоСрбија. Након формирања основне површине, моделовани су волумени високог и ниског растиња и основни елементи урбаног мобилијара, представљени поједностављеним геометријама ради ефикасне симулације инсолације и сенчења. Циљ је био формирање технички оптимизованог модела који

омогућава поуздано извођење анализа у окружењу Ladybug Tools. парку.

6.2. Поставка 'Печурка' павиљона



Слика 2. Поставка павиљона

У Rhino-у су дефинисане реперне тачке за позиције павиљона и у Grasshopper-у коришћене за моделовање конструкције. Стубови су формирани компонентама Point, Move и Cylinder, а кровови као кругови екструдовани у панеле. Горња површина панела је издвојена помоћу Deconstruct Brep и List Item и претворена у аналитичку површину (Boundary Surface) за симулације инсолације и прорачун соларне енергије.

6.3. Израчунавање соларне енергије (опис дефиниције)

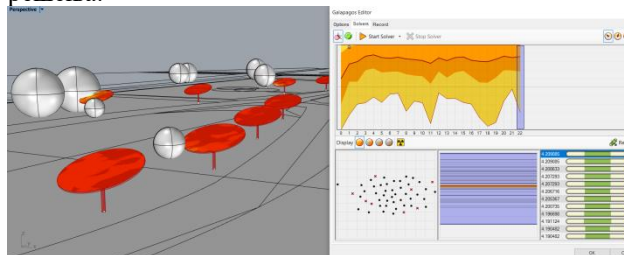
За анализу соларне енергије по m^2 коришћени су Ladybug Tools, Sky Matrix и Incident Radiation. Sky Matrix генерише модел неба из .erpw фајла уз узимање у обзир директног и дифузног зрачења, локације и периода, док Incident Radiation израчунава примљену енергију уз учешће сенки и резолуције мреже, дајући прецизне податке о енергетском потенцијалу површина.

6.4. Спровођење симулације

Након постављања павиљона на позиције дефинисане претходним анализама, извршена је анализа примљене соларне енергије у јулу, у периоду од 11 до 16 часова, применом компоненте Incident Radiation. Као анализна геометрија коришћена је горња површина панела, док су околна вегетација и урбани мобилијар узети као контекст сенчења. Почетна анализа хоризонталног положаја крова показала је просечну вредност од око $4,21 \text{ kWh/m}^2$, али је уочено да такав угао не омогућава максимално искоришћење сунчеве енергије. Због тога је примењена оптимизација помоћу еволутивног оптимизатора Galapagos, која је, и поред ограничења на један циљ оптимизације, омогућила јасније сагледавање утицаја угла нагиба на енергетске перформансе панела. Алати попут Octopus-а или Wallacei-ја, који подржавају вишециљне приступе, могли би у будућим истраживањима омогућити ефикаснији и аутоматизованији ток..

6.5. Оптимизација нагиба крова

У овом истраживању примењен је еволутивни оптимизатор Galapagos, који омогућава проналажење оптималног решења без ручног тестирања више варијанти. Као геном дефинисан је угао нагиба крова, док је fitness функција представљала просечну примљену соларну енергију. Резултати оптимизације показали су да се највећи енергетски принос остварује при нагибу од око 18° , са вредношћу од приближно $4,41 \text{ kWh/m}^2$. Иако је разлика у односу на хоризонтални положај релативно мала, на нивоу целокупне површине парка и већег броја павиљона она има значајан укупан ефекат. Анализа неповољних оријентација, са вредностима од око $1,42 \text{ kWh/m}^2$, додатно потврђује оправданост оптимизованог нагиба и ефикасност параметарског приступа у унапређењу енергетских и микроклиматских перформанси решења.



Слика 3. Приказ оптимизованог положаја

6.6. Просечан број осунчанох сати

Након спроведених симулација утврђен је најповољнији угао нагиба панела за максимално прикупљање соларне енергије. Та оптимална подешавања су затим примењена на модел постојећег стања парка, ради анализе утицаја новог положаја панела на смањење инсолације партерних површина. С обзиром на велику укупну површину парка, глобално поређење није показало значајне разлике у просечним вредностима, те је анализа усмерена на појединачне сегменте-зоне дуж главних пешачких траса, где је концентрација павиљона највећа и њихов утицај најизраженији. Показало је да је просечан број осунчаних сати пре интервенције на напрометнијем делу 5,93 часова, док после интервенције износи 5,55 часова.

7. СПОЉАШЊИ ТЕРМАЛНИ КОМФОР

Спољашњи термални комфор односи се на субјективни осећај топлотне удобности у отвореном простору и зависи од више фактора, као што су температура ваздуха, средња радијантна температура, релативна влажност и брзина кретања ваздуха.

7.1. Опис дефиниције

У Ladybug/Grasshopper-у за анализу спољашњег термалног комфора учитава се климатски фајл (.erpw) и користи компонента SolarAdjustTemperature за прорачун термалног оптерећења корисника уз утицај

сунца, сенке, материјала и оријентације тела. Анализа је спроведена за јул од 11 до 16 часова, а резултати се добијају као просечне вредности термалног комфора приказане кроз мапе или табеле.

7.2. Спровођење анализе

Најпре су постављене тачке („човечуљци“) које представљају кориснике простора, распоређене на најпрометнијим стазама и местима окупљања. За сваку тачку израчуната је телесна температура по сату у анализираном периоду (11–16 часова), након чега је добијена просечна вредност спољашњег термалног комфора. Резултати показују да су у стању пре интервенције корисници изложени високом топлотном стресу (35,31°C), док након постављања павиљона долази до смањења телесне температуре за око 5 °C (30,13°C). Ови резултати јасно потврђују да павиљони значајно побољшавају микроклиматске услове и квалитет боравка у парку, доказујући њихову функционалну оправданост као средства за смањење термалног оптерећења у јавном простору.

8. ПОРЕЂЕЊЕ РЕЗУЛТАТА

Поређењем стања пре и после интервенције уочени су јасни ефекти павиљона у смањењу директне инсолације и побољшању микроклиматских услова у најкоришћенијим деловима парка. У оквиру рада спроведене су анализе количине примљене соларне енергије, оптималног угла нагиба панела, као и упоредне анализе осунчаности парка и пешачких стаза пре и после интервенције, са циљем сагледавања реалног утицаја постављених павиљона.

Табела 1. Поређење резултата

Просечан број осунчаних сати почетног стања парка без павиљона: 5.76h
Просечан број осунчаних сати стања после интервенције парка: 5.66h
Просечан број осунчаних сати само најпрометнијих стаза пре павиљона: 5.93h
Просечан број осунчаних сати само најпрометнијих стаза са павиљонима: 5.55h
Просечна количина соларне енергије са хоризонталним кровом(панелом): 4.21 kWh/m ²
Просечна количина соларне енергије са оптимизованим нагибом крова(панела): 4.41 kWh/m ²
Просечна температура човека пре интервенције: 35.31°C -високи топлотни стрес
Просечна температуре човека после интервенције: 30.13°C -умерени топлотни стрес

9. ЗАКЉУЧАК

Увођење самоодрживих павиљона у Парк Нови побољшава микроклиму и термални комфор, смањујући директну инсолацију и температуре корисника до 5 °C. Резултати показују да чак и мање, пажљиво осмишљене интервенције могу ублажити ефекте урбаног топлотног острва, а параметарски приступ и дигитални алати омогућавају развој одрживих и кориснички оријентисаних архитектонских решења применљивих и у другим урбаним срединама.

10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Optimalan Ugao za Postavljanje Solarnih Panela – Zašto je Važan i Kako ga Odrediti? <https://azimut.rs/optimalan-ugao-za-postavljanje-solarnih-panela/>
- [2] Bund Finance Centre / Foster + Partners + Heatherwick Studio <https://www.archdaily.com/881511/bund-finance-centre-foster-plus-partners-plus-heatherwick-studio>
- [3] What Is Sustainable Architecture? <https://www.thespruce.com/what-is-sustainable-architecture-4846497>
- [4] Solar Supertrees in Singapore are Vertical Gardens That Light Up the Night Sky <https://offgridworld.com/solar-supertrees-singapore-vertical-gardens-light-night-sky/>
- [5] Aya M.F. El-Bahrawy, 2023, Investigating Ladybug as A Tool for Measuring Outdoor Thermal Comfort in Urban Neighborhoods,
- [6] Ehsan Bazafkan, 2017, Assessment of Usability and Usefulness of New Building Performance Simulation Tools in the Architectural Design Process,
- [7] Theresa Fink, Reinhard Koenig, Integrated Parametric Urban Design in Grasshopper /Rhinceros 3D,
- [8] Hanan M. Taleb , Mays Kayed and Fuad Baba, 2024, Genetic Algorithm for Optimizing Urban District and Block Morphology to Minimize Solar Radiation Access and Maximize Building Floor Area in the UAE,
- [9] Wikipedia, 2023, Rhinoceros 3D

Кратка биографија



Ива Ђопић рођена у Новом Саду 2000. године. Мастер рад на Факултету Техничких Наука из области Архитектура-Архитектоснка визуализација и симулације, одбранила је 2026.године.